No. 30.

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

RECHERCHES

SUR

LA MÉTÉOROLOGIE ET LES MÉTÉOROLOGISTES

A MONTPELLIER

DU XVIII^e^ SIÈCLE JUSQU'A NOS JOURS

Par Édouard ROCHE

Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier

Retrouvées dans ses papiers et publiées par son frère

2^e^ SÉRIE — TOME II.

N° 5.

MONTPELLIER

IMPRIMERIE CHARLES BOEHM

DELORD-BOEHM ET MARTIAL, SUCCESSEURS

Imprimeurs de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier

1898

Illinois State Natural History Survey
Library

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 540
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	 106
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	 251
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	 183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850)..... Fr. 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne, Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais..... 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais..... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)..... 25

Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852-1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty..... 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure..... *(épuisé)*

Tome III (1855-1857)..... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche..... 8.50

N.H.S.

RECHERCHES

SUR

LA MÉTÉOROLOGIE ET LES MÉTÉOROLOGISTES

A MONTPELLIER

DU XVIII^e^ SIÈCLE JUSQU'A NOS JOURS

Par Édouard ROCHE

Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier

Retrouvées dans ses papiers et publiées par son frère

INTRODUCTION

« *J'aurais bien voulu publier mes recherches sur la météorologie et les météorologistes au* XVIII^e^ *siècle jusqu'à nos jours* ». C'est à l'expression de ce regret et de ce désir, retrouvée dans les papiers de mon frère, que j'ai voulu répondre autant qu'il est en mon pouvoir par cette publication posthume.

En dépouillant, aux Archives de l'Hérault, les anciennes observations météorologiques de Badon (1756-1792) pour les comparer aux siennes, il avait été conduit à remonter à l'origine de la Météorologie et à suivre le développement de cette science jusqu'à nos jours, au milieu du mouvement scientifique dont notre ville a été le théâtre au siècle dernier. Frappé de l'initiative qu'eut dans ce mouvement la Société royale des Sciences de Montpellier, et après elle la Société

libre, rattaché d'ailleurs à quelques-uns de leurs membres (le physicien Romieu, le sénateur Crassous et J. Poitevin) par des liens de famille, il chercha à faire revivre un passé déjà éloigné de nous, mais où la science actuelle peut trouver d'intéressants documents et d'utiles exemples.

De ces recherches était sortie l'idée d'un grand travail, dont plusieurs chapitres, détachés par suite de diverses circonstances, ont formé la *Notice sur l'Observatoire de l'ancienne Société des Sciences de Montpellier* (1881), le *Climat actuel de Montpellier comparé aux observations du siècle dernier* (1882), peut-être même la *Notice sur les travaux de J.-B. Romieu* (1879), et le *Résumé général des observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de* 1857 *à* 1867 (1875). Le Mémoire lui-même, soumis à trois rédactions successives, du moins quant à la partie la plus ancienne et la plus importante, était presque achevé, quand la mort de mon frère est venue en empêcher la publication. J'ai pensé que cet hommage rendu à l'ancienne Société des Sciences serait bien accueilli par l'Académie, qui lui a succédé à Montpellier, et qui a bien voulu garder le souvenir de mon frère comme celui d'un de ses membres les plus dévoués.

Le manuscrit a été reproduit tel que je l'ai trouvé dans ses papiers, avec les seules modifications de détail qu'exigeait l'impression : il l'aurait certainement soumis, suivant son habitude, à une revision nouvelle. La partie qui se rapporte à l'époque actuelle est très abrégée : ce sujet, qu'il avait traité ailleurs, ne rentrait qu'indirectement dans le cadre de son travail, et ne figure pas dans la dernière rédaction qu'il en a laissée, c'est d'après des notes antérieures que les dernières pages ont pu être reconstituées. Il n'y avait, du reste, pour cela qu'à se laisser guider par la table analytique dont il avait fait précéder son manuscrit, et qui, malgré un changement d'allure bien marqué en 1868, continue jusqu'à ces dernières années, en se terminant par une Conclusion qu'il n'a malheureusement pas eu le temps de développer. Cette table est le résumé le plus fidèle du Mémoire, dont elle reproduit le caractère essentiel : l'auteur ne s'est pas borné à faire la biographie et à exposer les travaux des divers savants, il s'attache à discuter leurs conclusions, à les rapprocher des théories plus récentes. Etendant

en outre le domaine de la météorologie, il la considère dans ses rapports avec l'astronomie, l'agriculture et la médecine, et il se trouve ainsi amené à entrer dans des détails d'un grand intérêt sur des questions qu'on ne s'attendrait pas à voir traitées dans ce travail, notamment celle des constitutions médicales. Il donne, du reste, toujours des indications bibliographiques nombreuses et utiles pour divers ordres d'études.

A la suite du Mémoire est placé un Appendice sur le Régime des vents à Montpellier.

Parmi les questions d'astronomie que mon frère avait abordées incidemment, deux surtout l'ont entraîné à de longues recherches qu'il n'a pu terminer. Elles sont relatives aux observations faites à Montpellier par divers astronomes, entre autres l'abbé Picard, de l'Académie des Sciences de Paris, dans son voyage de 1674, et Plantade pendant sa longue et laborieuse carrière. En particulier, la connaissance exacte des points de la ville où ces observations ont eu lieu présentait un certain intérêt pour l'archéologie locale, et devait même fournir un élément important pour discuter l'exactitude des mesures géographiques. Tenant à donner autant que possible une solution définitive à des questions très obscures et longtemps controversées, nous avons voulu, mon fils et moi, épuiser toutes les sources de renseignements : de là le retard, bien long mais bien involontaire, apporté à la publication de ce Mémoire.

L'étude que nous avons faite du travail de Picard dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, tom. VII, et les documents que nous avons consultés à l'Observatoire de Paris, où ils ont été récemment retrouvés par M. G. Bigourdan dans les papiers de Flaugergues et ceux de Delisle, nous autorisent à présenter pour ces questions une réponse à peu près satisfaisante : en tout cas, nous doutons qu'on arrive jamais à un résultat plus complet et plus précis, à cause de la transformation rapide des lieux et de la disparition des documents. Nous leur avons consacré quatre Notes : I Observations de Picard ; II Lieu où a observé Picard à Montpellier ; III Observations qui suivirent le voyage de Picard ; IV Tour Plantade. Elles épargneront, je l'espère, à d'autres les longues investigations qu'elles nous ont coûté,

et rectifieront d'ailleurs, sur quelques points intéressants, des assertions inexactes, qui s'étaient glissées, sous l'autorité de divers historiens, dans des Mémoires précédents.

Pour suppléer à la rareté des documents connus, nous avons dû faire appel à la bienveillance d'un grand nombre de personnes. Nous serons amenés à citer la plupart d'entre elles dans le développement des Notes ; mais nous ne voulons pas attendre ce moment pour leur offrir à toutes l'expression de notre gratitude.

A. Roche.

TABLE

Picard, 1674 306
Régis, 1671-1678 306
Bon, 1678-1761 307
Gauteron 309
D. Cassini, 1701 309
Société royale, 1706 309
Éclipse de 1706 310
Thermomètre à mercure. Sauvages, 1736 311
Clapiès, 1670 1740 312
Plantade, 1670-1741 312
Astruc, 1740 313
Aurores boréales 314
Mairan, Bouillet, Andoque 315
Astruc. Explication des vents, 1740 316
Romieu, 1723-1766 317
Température des puits 318
Claude Chaptal 318
Mouret 319
Observations au-dessous du sol 319
Badon, 1715-1792 320
Correction de son thermomètre 321
Oscillations périodiques 322
Mourgue, 1734-1818 323
Ch. Le Roy, 1726-1779 323
Gaussen 324
Bertholon. — Aérostats: Montgolfier, Blanchard 324
Henri Fouquet, 1771 325
Influence des étangs. Lafosse. J.-A. Chaptal. Guinier. Saint-pierre 327
De Ratte, 1722-1805 327
Histoire de la Société royale. — Société libre 328
Flaugergues, neveu de de Ratte 329
Trombe de 1729 329
Trombe de 1844 330
Abbé Peytal 332
Toaldo, 1774 332
Calendrier météorologique 333

Points lunaires..... 335
J. Poitevin, 1742-1807..... 336
Ses fils..... 338
Constitutions médicales..... 339
Thomas Méjan..... 340
Murat, 1808..... 341
Statistique de l'Hérault, 1824..... 343
Tableaux déduits..... 344
Roubieu, 1823-1829..... 345
Gergonne, 1818-1829. Baromètre..... 345
Castelnau, 1835-1850..... 350
Legrand, 1838-1840..... 351
Annuaire de Thomas..... 353
Société d'agriculture. M. de Serres..... 353
Touchy, 1838-1842..... 353
Léon Brousse, 1846-1847..... 353
Dupin, 1837-1839..... 354
Lenthéric..... 356
Marié-Davy, 1846-1851..... 357
Rodrigues, 1840-1855..... 359
Appréciation..... 360
Constitutions médicales..... 361
Saintpierre, 1857-1868..... 361
Roche..... 362
Ecole normale..... 363
Martins..... 363
Comité méditerranéen. M. Crova..... 363
Ecole d'agriculture..... 364
Climats environnants..... 364
Climat des Cévennes..... 364
D'Hombres..... 365
Viguier..... 366
Conclusions.....

Appendice..... 367

Note I..... 374
Note II..... 379
Note III..... 389
Note IV..... 392

LA
MÉTÉOROLOGIE ET LES MÉTÉOROLOGISTES
A MONTPELLIER

Par Edouard ROCHE.

Si notre ville est depuis plusieurs siècles un centre célèbre d'études médicales, elle n'est pas restée étrangère aux autres sciences, mais a fourni un précieux contingent aux études les plus diverses. Sans parler de l'histoire naturelle, représentée à Montpellier dès le XVI^e^ siècle par des noms illustres, de la botanique, cultivée plus qu'ailleurs dans notre région, dont certaines localités sont devenues classiques, la physique au siècle dernier a fait ici des progrès notables, l'astronomie s'est enrichie de belles observations, la minéralogie et la géologie, puis la chimie dès ses débuts, ont illustré plusieurs de nos compatriotes. Nous nous proposons de montrer que la météorologie s'est en quelque sorte créée chez nous et qu'elle y a reçu un contingent d'observations et d'idées théoriques, qui aujourd'hui même n'ont rien perdu de leur prix.

Montpellier est une des premières villes où l'on ait fait des observations suivies du baromètre et de la température. Nous avons déjà fait connaître[1] celles que l'on doit à Badon et développé les résultats de leur discussion au point de vue de l'étude de notre climat. Il ne sera peut-être pas sans utilité de retracer ces débuts de la météorologie, et en gardant le souvenir des hommes dévoués

[1] Le *Climat actuel de Montpellier comparé aux observations du siècle dernier*, 1882. *Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier*, Section des Sciences, tom. X, pag. 329.

qui s'y consacrèrent, de rappeler ceux de leurs travaux qui ont conservé de l'intérêt.

La fin du XVII^e^ siècle fut signalée par un mouvement scientifique bien marqué. L'établissement de l'Académie royale des Sciences de Paris en 1666 avait donné l'impulsion : elle fut secondée dans notre ville par diverses circonstances particulières. Ce fut d'abord la venue à Montpellier, en 1674, du célèbre astronome Picard, envoyé par l'Académie pour un passage de Mercure sur le soleil. Il détermina la longitude et la latitude de Montpellier, Maguelone et Cette. A partir de cette époque, des observations astronomiques régulières se firent à Montpellier (éclipse de soleil du 25 juin 1675 ; éclipse de soleil du 11 juin 1676, observée par Saporta et Rheile; passage de Mercure du 7 novembre 1677). Il faut également citer la création, en 1682, à Montpellier d'une chaire de mathématiques et d'hydrographie, dont le premier titulaire fut Nicolas Fizes, docteur et avocat, père du célèbre médecin Antoine Fizes ; on lui doit un traité d'arithmétique (1688) et des éléments d'astronomie (1689)[1].

Le séjour prolongé de 1671 à 1678 d'un disciple de Descartes ne fut pas non plus sans exercer sous ce rapport une heureuse influence. Sylvain Régis, l'un des principaux propagateurs du cartésianisme, fit connaître la physique nouvelle à Montpellier, comme il l'avait déjà fait à Toulouse. Il institua des conférences où la foule se porta avec empressement ; en exposant les séduisantes spéculations du grand philosophe, il ouvrait aux esprits d'élite des horizons nouveaux et les intéressait aux grands phénomènes de la nature et aux lois de la physique, que lui-même devait développer plus tard dans son système de philosophie. Jusque-là on ne s'était guère occupé que d'études liées à la médecine, comme la chimie et la connaissance des animaux et des plantes. Désormais toutes les sciences seront également en honneur, et cultivées non seule-

[1] *Notice sur l'Observatoire de l'ancienne Société des Sciences de Montpellier.* 1881. Acad. de Montp. tom. X, pag. 133.

ment par les membres des corps enseignants, mais par des gens du monde, des militaires, des avocats et des magistrats.

Dans les dernières années du XVII^e^ siècle, un certain nombre d'hommes instruits, rapprochés par un goût commun pour les questions de physique et d'histoire naturelle, se réunissent régulièrement dans la bibliothèque de l'évêque Colbert: ce sont Plantade, Clapiès, Magnol, Astruc, La Peyronie, etc. Mais l'âme de ces réunions était le président Bon[1], qui pendant plus de cinquante ans occupa à Montpellier une position justifiée par ses travaux de toute nature et qui a laissé dans notre histoire un durable souvenir.

Conseiller, puis premier président de la Cour des comptes, aides et finances, Bon dut à ses recherches sur les antiquités et la numismatique d'être nommé membre de l'Académie des inscriptions et belles-lettres. Il avait rassemblé chez lui les instruments les plus nouveaux et consacrait aux sciences les loisirs que lui laissaient ses fonctions. On lui doit plusieurs mémoires sur l'histoire naturelle appliquée à l'industrie et à l'agriculture, mais son activité se porta surtout vers la météorologie expérimentale, qu'il inaugura à Montpellier.

Depuis 1699, Bon observait la pression barométrique; en 1702 il commença à mesurer assidûment les variations de température avec le thermomètre de Sanctorius ou de Florence. En 1705, il lui substitua le thermomètre d'Amontons nouvellement inventé, et qui, tout imparfait qu'il fût, est comparable jusqu'à un certain point aux thermomètres modernes. Il commença alors une série régulière d'observations sur le plan de celles que de la Hire avait instituées à Paris en 1688.

Grâce à lui, nous avons des renseignements sur l'été de 1705,

[1] François-Xavier Bon de Saint-Hilaire, né à Montpellier en 1678, mort à Narbonne en 1761. Son éloge fut lu par de Ratte à la Société royale dans la séance publique de 1762. Voyez aussi son éloge par Lebeau, rédigé sur les renseignements fournis par Badon (*Mémoires de l'Académie des Inscriptions*, tom. XXXI, pag. 315).

qui fut excessif, surtout par la continuité des grandes chaleurs ; elles durèrent du 17 juillet au 30 août, presque sans interruption ; le thermomètre s'élevait chaque jour à 34° en moyenne. Le maximum de chaleur eut lieu le 30 juillet, vers 3 heures du soir, par un temps serein et un vent du sud-ouest. De mémoire d'homme, on ne se souvenait d'en avoir éprouvé de semblable. L'air semblait aussi brûlant que celui qui sort d'une fournaise ardente ; on ne trouvait d'autre asile où l'on pût se retirer que les caves. La plupart des vignes des environs furent brûlées et les fruits desséchés. Le thermomètre paraît avoir dépassé 40 degrés centigrades. C'est la température que nous observâmes le 5 juillet 1859. Ces chaleurs extrêmes, mais de très courte durée, se reproduisent de temps à autre à Montpellier : on en avait observé une à peu près semblable le 22 juillet 1688.

Peu d'années après, Bon eut l'occasion d'étudier l'hiver de 1709, qui désola toute la France dans les circonstances désastreuses où il se produisit. A Montpellier, le froid fut surtout funeste parce qu'il survint après de grandes pluies en décembre. Les gelées commencèrent la nuit du 6 au 7 janvier et durèrent jusqu'au 23. Le 10, il tomba de la neige, et dans la nuit du 10 au 11, jour du plus grand froid, le thermomètre descendit à — 14° centigrades ; le froid pénétra dans les maisons les plus calfeutrées, au point qu'on ne put dormir. Le lendemain, le thermomètre s'arrêta à — 10°, les jours suivants à — 7° ou — 8° jusqu'au 21. Selon Van Swinden [1], le thermomètre descendit encore plus bas. D'après les calculs de ce physicien, les observations de Bon, réduites en degrés centigrades, donneraient — 16° le 11 et — 12° le 12 et le 19 janvier. On eut encore de la neige le 15 ; enfin il plut le 23, ce qui amena le dégel.

La Garonne et le Rhône gelèrent en divers points sur une forte épaisseur, ainsi que les étangs du Languedoc, même l'étang de Thau, qui est ordinairement agité comme une mer ; on alla de Balaruc et de Bouzigues à Cette sur la glace. Cela n'était pas arrivé

[1] *Lettres sur les grands hivers. Journal de Physique*, tom. L, pag. 277 et 348.

depuis l'hiver de 1363-1364, où l'on traversait l'étang de Cette à Méze, et le Rhône sur des chariots.

Il y eut de nouveau de fortes gelées vers le 9 et le 25 février et les premiers jours de mars. La France perdit la récolte de blé ; notre région, presque tous ses oliviers jusqu'à la racine (comme en 1608), et beaucoup d'autres arbres tels que grenadiers, figuiers, lauriers, jasmins, pins, et même des chênes verts[1]. Ce n'est qu'en 1715 qu'on recommença à recueillir de l'huile à Montpellier. Bien qu'il y ait eu depuis des hivers très froids, 1709 est resté le type des grands hivers. Dans le court intervalle de cinq ans, Bon avait pu saisir les deux points extrêmes de notre climat.

A la même époque se rapportent les expériences curieuses et alors nouvelles d'Antoine Gauteron, secrétaire de la Société royale des Sciences de Montpellier, sur l'évaporation de la glace pendant la forte gelée, imprimées dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris* de 1709 (et *Société royale*, tom. I, *Mémoires*, pag. 381).

Lorsqu'en 1701 Dominique Cassini, délégué par l'Académie des Sciences et accompagné de son fils Jacques Cassini et de son neveu Maraldi, vint dans le midi de la France pour prolonger la méridienne de Paris, il séjourna quelque temps dans notre ville, et il y trouva des aides et des collaborateurs exercés. C'était notamment François de Plantade, dont la famille était alliée à la sienne, qui à Paris avait déjà fait auprès de lui son apprentissage de l'astronomie pratique et qui s'était construit ici un petit observatoire sur la tour de sa maison à la Grand'Rue (n° 524, d'après de Zach ; n° 8, maison Bruyas) : c'est là qu'observa Cassini. Par ses conseils, Plantade et son ami Clapiès songèrent à organiser, à l'imitation de l'Académie des Sciences de Paris, dont ils étaient l'un et l'autre correspondants, ces réunions particulières d'hommes d'étude ou d'amis de la science que Bon avait rapprochés et groupés autour de lui.

Telle fut l'origine de la Société royale des Sciences de Montpel-

[1] Gauteron ; *Société royale*, tom. I, *Mémoires*, pag. 381, 385.

lier ; elle fut légalement instituée en février 1706 et unie par la loi de son établissement à l'Académie des Sciences de Paris. Seule entre toutes les académies de province fondées à cette époque ou postérieurement, la Société de Montpellier ne fut pas seulement affiliée à l'Académie royale des Sciences de Paris. Elle lui est en quelque sorte incorporée, et, suivant les termes mêmes des lettres-patentes du roi, « elle en sera regardée comme une extension et une partie ». Seule entre toutes, elle est appelée Société et non Académie, pour la distinguer de l'Académie des Sciences, à qui elle est intimement liée « comme ne faisant qu'un seul et même corps ». C'est à la protection de Cassini et à la renommée des savants que possédait alors Montpellier que notre Société dut cet honneur exceptionnel [1]. En retour, elle devait chaque année envoyer à l'Académie un travail pour être imprimé à la suite de ses mémoires. Cette condition fut exactement remplie : le nombre de ces envois annuels s'élève à 62, dont plusieurs ont une réelle importance.

La Société royale a joui d'une réputation méritée par les travaux de ses membres et par ses publications. Le tome I de ses mémoires, publié en 1766, contient un premier travail de Bon, sous ce titre : *Observations sur le thermomètre et sur le baromètre, faites à Montpellier depuis* 1705 *jusqu'à* 1709. Elles sont analysées dans le même volume par de Ratte. Nous y voyons que Bon observait à la pointe du jour, pour avoir la plus basse température, et vers 3 heures de l'après-midi ; son thermomètre était placé à l'air libre, exposé au Nord, toujours à l'ombre et à l'abri des grandes réflexions des rayons du soleil.

Durant cette période, avait eu lieu à Montpellier un fait mémorable qui fournit l'occasion d'intéresser la population tout entière aux études scientifiques de la Société : ce fut l'éclipse totale de soleil du 12 mai 1706. Ces rares et magnifiques phénomènes ont

[1] L'*Institut et les Académies de province*, par Francisque Bouillier, in-18. Paris, 1879, pag. 69. — *Société royale*, tom. I, *Histoire*, pag. 11 et 16. — J. Castelnau, *Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier*, publié par Eugène Thomas. Montpellier, 1858, pag. 25, 248, 251.

depuis longtemps cessé d'être un sujet d'effroi pour les populations, mais ils ont gardé le privilège de frapper profondément les esprits, et plus d'une vocation astronomique a été décidée par un spectacle de ce genre. Clapiès l'avait annoncée et calculée dès 1702 : l'observation de l'éclipse fut une véritable solennité, qui inaugura dignement les travaux de notre Société royale et en fut en quelque sorte la première assemblée publique. Elle fit surtout honneur à Clapiès et à Plantade : ils en ont donné une description [1] détaillée et très remarquable, qui restera dans l'histoire de la science comme un monument et sera toujours consultée avec fruit.

L'éclipse eut lieu à 9 h. 1/2 du matin, elle fut favorisée d'un ciel serein et dura 4 minutes. Celle que nous observâmes à Montpellier le 8 juillet 1842, vers 6 heures du matin, ne dura que 2 minutes. Elle a laissé également un souvenir ineffaçable chez ceux qui en ont été témoins, et a permis de vérifier la parfaite exactitude de la description de nos Académiciens de 1706 ; elle l'a même complétée par l'observation des protubérances, nuages ou flammes rouges, dont l'abbé Peytal reconnut et signala immédiatement la nature [2] en les attribuant à une «couche d'une matière lumineuse d'un rose vif qui s'élève au-dessus de la photosphère, l'enveloppe, et, en certains points, s'amoncelle en montagnes d'une prodigieuse hauteur».

Après une interruption motivée par les devoirs de sa charge, Bon reprit ses observations météorologiques en 1737 et adopta le thermomètre à esprit de vin de Réaumur, inventé en 1730 [3]. Cette nouvelle série embrasse quatre années, et figure dans le tome II des Mémoires de la Société, pag. 269, sous le titre : «*Observations météorologiques faites à Montpellier pendant les années* 1737,

[1] *Société royale*, tom. I, *Mém.*, pag. 1, et *Hist.*, pag. 181.

[2] *Journal de Montpellier* du 16 juillet 1842. — *Annuaire du Bureau des longitudes*, 1846.

[3] Dès 1736, François de Sauvages à Montpellier construisit un thermomètre à mercure, principalement pour régler la température des chambres où l'on élève des vers à soie. Voir *Société royale*, tom. II, *Mém.*, pag. 265 ; et Van Swinden, *Dissertation sur les thermomètres*, 1778, pag. 96.

1738, 1739 *et* 1740, avec des tableaux de comparaison entre les températures de Paris et de Montpellier». En 1745, il communiqua à la Société ses expériences sur la chaleur des rayons directs du soleil, comparée avec celle que le thermomètre indique en même temps à l'ombre et suivant les saisons. Ce travail est en manuscrit aux Archives de l'Hérault, dans les papiers de la Société royale. Il est suivi d'une autre série météorologique qui s'étend de 1741 à 1748. Bon continua ses observations jusqu'en 1754, comme nous l'apprend Badon, son secrétaire, qui les prolongea lui-même jusqu'en 1756. A la suite d'une grave maladie, Bon quitta Montpellier en 1754, et mourut à Narbonne en 1761. Les deux autres fondateurs de la Société l'avaient précédé depuis longtemps.

Clapiès [1], l'ami et le collaborateur de Plantade, fut un calculateur exact et infatigable, un professeur renommé et aussi un habile ingénieur. Directeur des travaux de la province de Languedoc, il avait, en 1709, publié un projet détaillé sur le moyen d'amener à la place du Peyrou les eaux de la fontaine de Saint-Clément, projet qui fut repris en 1751 par le célèbre Pitot [2] et entièrement réalisé en 1765. On doit à Clapiès un travail intéressant sur les cadrans solaires, et un mémoire sur les diverses couleurs que présente la lune éclipsée et sur les causes de cette coloration, qu'il explique absolument comme on le fait aujourd'hui [3].

Les Etats de Languedoc, ayant décidé en 1725 de faire établir la carte des diocèses de la province, s'étaient adressés à la Société royale qui en 1728 proposa ce travail à Plantade, Clapiès, le célèbre ingénieur, et Danyzy, son élève. Ils acceptèrent cette mission difficile et l'accomplirent avec dévouement. Ils levèrent ensemble le diocèse de Narbonne, puis ils procédèrent séparément. Ces

[1] Jean de Clapiès, né et mort à Montpellier (1670-1740), avait d'abord été militaire. Voir son éloge par de Ratte, 1745.

[2] Le travail de Pitot fut lu à la Société le 16 décembre 1751, dans la séance même où Romieu communiquait sa découverte des harmoniques graves.

[3] *Société royale*, tom. I, *Mém.*, pag. 102.

cartes, continuées par Danyzy, Guilleminet et Guillaume Barthez, père du célèbre médecin, et publiées en 1774, sont remarquables par leur exactitude et ne le cèdent en rien aux cartes de Cassini faites à la même époque [1].

En se chargeant d'exécuter la carte de la province, la Société avait conçu un projet bien plus étendu, qu'on trouvera exposé dans l'intéressant mémoire de Plantade sur l'Histoire naturelle du Languedoc [2]. La carte géographique à laquelle il consacra tant d'années était le point de départ d'une étude approfondie qui devait compléter au point de vue physique l'histoire générale de la province entreprise par les Bénédictins. Il s'agissait d'étudier successivement et en détail : la topographie, le climat, les degrés de température et les vents dominants de chaque saison, la salubrité de l'air, la nature du sol, les productions naturelles de toute espèce, les diverses industries, en un mot la statistique complète du pays. Astruc et plus tard Genssane furent chargés des recherches d'histoire naturelle, et leurs publications répondirent à une partie du programme [3].

Les opérations de triangulation conduisirent Danyzy et Plantade à faire l'ascension de diverses montagnes, notamment du Canigou, où ils firent beaucoup d'expériences sur la dilatation de l'air sous l'influence de la hauteur et de la température ; elles fournirent à ce dernier le sujet d'un travail sur la relation entre la hauteur des montagnes et la pression barométrique [4]. Plantade avait déjà levé les cartes de treize diocèses, lorsqu'il succomba victime de son dévouement à la science. Le 25 août 1741, à l'âge de 71 ans, il expira au bord du lac d'Oncet sur le Pic du Midi de Bigorre, dont, pour la seconde fois, il gravissait le sommet avec une ardeur

[1] Castelnau, pag. 91. — Thomas ; *Introduction à l'histoire du Languedoc* (*Mémoires de la Société Archéologique de Montpellier*, tom. III, pag. 371).

[2] *Société royale*, tom. I, *Mém.*, pag. 266.

[3] Astruc ; *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du Languedoc*. Paris, 1740. — Genssane ; *Histoire naturelle de la province de Languedoc*. Montpellier, 1776-1779.

[4] *Société royale*, tom. II, *Mém.*, pag. 29. *Expériences du baromètre faites sur diverses montagnes*, par M. de Plantade.

et une joie toutes juvéniles, dans le but d'y continuer ses mesures de triangles et ses expériences sur la pression de l'air. C'est avec justice que le nom de ce savant et infatigable observateur a été donné à la station météorologique récemment établie sur le Pic du Midi [1].

Plantade fut surtout astronome ; il possédait à fond l'art d'observer, joint à un véritable esprit scientifique. Outre la description de l'éclipse de 1706 (en commun avec Clapiès) et de bien d'autres phénomènes célestes, on lui doit une longue série d'observations sur les taches du soleil, qu'il avait commencée en 1705 avec Bon et Clapiès. Il poursuivit cette étude jusqu'en 1726, notant avec soin la situation des taches, en dessinant la figure et calculant leur périodicité. Ce travail forme un gros volume conservé aux Archives ; il a été consulté et utilisé par M. Rodolphe Wolf (de Zurich) dans ses recherches sur ce sujet.

Le passage de Mercure sur le soleil du 9 novembre 1723 et celui du 11 novembre 1726 furent également observés par Plantade ; cette dernière observation, très précise, est l'un des documents dont Le Verrier s'est servi pour établir sa théorie de la planète Mercure.

Au point de vue de la météorologie, nous ne saurions oublier que Plantade s'occupa tout particulièrement des aurores boréales. Ces curieux phénomènes affectent une sorte de périodicité encore mal définie, mais incontestable : après être restés quelques années fort rares, ils se présentent tout à coup avec une fréquence et une intensité inusitées. C'est ainsi que depuis l'aurore du 12 septembre 1621, si bien décrite par Gassendi, on n'en avait presque pas vu, tandis qu'à partir de 1716 jusqu'en 1750 elles redevinrent fréquentes. Plantade observa les aurores du 17 mars et du 9 avril 1716, du 25 mars 1719, du 19 octobre 1726, du 15 février 1730, du 7 mai 1731, du 16 décembre 1737, de l'hiver et du printemps

[1] François de Plantade (1670-1741), né à Montpellier, conseiller à la Cour des comptes, aides et finances. Voir son éloge par de Ratte, lu dans la séance publique de la Société en 1743, et les *Eloges des Académiciens de Montpellier*, par Des Genettes. Paris, 1811.

de 1738. — Celle du 10 août 1741 fut observée et décrite par de Ratte [1].

Quand elle approche d'être complète, l'aurore boréale est un superbe spectacle qu'il faut avoir admiré soi-même pour se rendre compte des descriptions. Elles ont été assez abondantes vers 1849, et nous en avons décrit plusieurs dans les *Procès-verbaux* des séances de l'Académie de Montpellier, notamment celles du 17 novembre 1848 et du 23 février 1849. Ensuite elles ont été plus rares ; on peut citer cependant celles du 5 octobre 1863, des 24 et 25 octobre 1870, du 12 février 1871, surtout celle du 4 février 1872.

L'aurore boréale du 19 octobre 1726 fut vue dans toute la France. « Elle passe, dit Mairan [2], pour la plus grande, la plus complète et la plus remarquable dont on ait connaissance ; et parmi toutes les descriptions qui en ont été données il n'en est pas de plus exacte ni de plus curieuse que celle qui fut envoyée de Montpellier par M. de Plantade ». Cet éloge a d'autant plus de valeur dans la bouche de Mairan, qu'il était en désaccord et en discussion avec Plantade sur la cause du phénomène, qui est magnétique suivant le dernier et d'origine cosmique selon Mairan. Cette aurore de 1726 [3], qui avait vivement frappé nos populations, fut reproduite par le peintre Caumette, comme l'avait été déjà l'éclipse totale de 1706 ; ces deux tableaux ornèrent la salle des réunions de la Société royale jusqu'en 1793.

Plantade était encore littérateur et érudit : on cite de lui une dissertation sur un point de linguistique qu'il avait rédigée en douze langues différentes. On lui doit des recherches sur les ruines d'une ancienne ville à Fabrègues, qu'il supposait être le *Forum Domitii*.

[1] *Société royale*, tom. II. *Hist.*, pag. 121.

[2] *Traité physique et historique de l'aurore boréale*, 1754. — Avant d'être membre de l'Académie des Sciences de Paris, Mairan avait fait à Béziers des observations météorologiques ; elles furent continuées par Andoque. Voyez les *Mémoires de l'Académie des Sciences et belles-lettres de Béziers*, fondée en 1723 par Mairan et Bouillet.

[3] *Société royale*, tom. II, *Hist.* pag. 10.

L'ouvrage d'Astruc dont nous avons parlé tout à l'heure contient un chapitre important (pag. 337) sur les vents particuliers au Languedoc. Il étudie notamment ceux que l'on connaît dans le haut Languedoc sous le nom de vents de Cers et d'Autan, et il explique par la configuration du terrain la différence essentielle entre ces vents et ceux de même direction qui soufflent dans notre pays. Le Cers a pour origine les vents entre N. O. et O. venant du golfe de Gascogne. Ce sont les vents les plus fréquents à Toulouse; d'abord humides et assez froids, ils augmentent d'intensité et se dessèchent peu à peu en avançant vers l'Est. Fort à Carcassonne, ce vent devient violent à Narbonne, se propage vers le Roussillon, ou vers la Méditerranée par Béziers et Agde. Quelquefois il parvient jusqu'à Montpellier et même à Nîmes; c'est alors un vent d'O. frais et agréable en été, mais souvent violent et froid en hiver.

A l'inverse, nos vents d'est, qui sont humides, arrivent secs et forts à Toulouse, c'est le S. E. ou S. S. E. ou vent d'Autan. En effet le courant chargé de vapeurs du golfe du Lion se propage librement jusque vers Carcassonne; mais là il est arrêté à gauche, du côté de Limoux, par les Corbières occidentales, à droite par la Montagne Noire, et ne trouve d'autre issue qu'une vallée fort resserrée, que suit le canal du Languedoc et dont le point culminant est au delà de Castelnaudary (col de Naurouze, 189 mètres d'altitude, entre Villefranche et Castelnaudary; c'est le point de partage des eaux du canal). C'est dans ce détroit qu'il s'engouffre; il suit tout le contour de la Montagne Noire, y dépose peu à peu son humidité, puis débouche dans le Toulousain comme un vent de S. E. ou S. S. E., généralement sec. Le vent éminemment pluvieux à Toulouse est le vent d'ouest ou de Bayonne. A Carcassonne, les vents d'est et d'ouest sont également pluvieux.

Cette explication, due à Astruc, a été développée par le Professeur Clos dans son Etude sur la météorologie du pays Toulousain, d'après les observations faites à Sorèze [1].

Jusque-là, nos météorologistes de Montpellier s'étaient bornés à

[1] *Annuaire météorologique*, année 1852.

observer le baromètre et le thermomètre. C'est Romieu [1] qui organisa le premier l'observation régulière de la pluie, et commença à Montpellier la série que les Poitevin ont continuée presque sans interruption jusqu'à la fin de 1812. On lui doit de nombreuses observations météorologiques, dont quelques-unes ont été faites à sa campagne de Pascale près Saint-Brès, 15 kilomètres à l'est de Montpellier ; plusieurs de ses cahiers sont aux Archives, parmi les papiers de la Société.

On y trouve des mesures de la température et du baromètre faites en 1758 et 1759 sur la tour de sa maison, et d'autres observations faites en 1760 et 1761 en collaboration avec Claude Chaptal. Un grand nombre d'observations de Romieu sont reproduites à la suite d'un manuscrit de Mouret, qui a pour titre : « Observations botanico-météorologiques faites à Saint-Jean-du-Bruel en Rouergue, auxquelles on a joint les observations faites simultanément à Montpellier par MM. Romieu et Chaptal de 1757 au 30 juin 1765». Il se trouve aux Archives, aussi bien que les derniers cahiers de Romieu, du 1er juillet 1762 jusqu'au 5 octobre 1766.

C'est en 1765 que Romieu installa un pluviomètre à Montpellier

[1] Jean-Baptiste Romieu (1723-1766), docteur en droit.(*) Son éloge par de Ratte, lu à l'assemblée publique de la Société le 9 décembre 1767, est reproduit dans l'Histoire, citée plus haut, de l'*Ancienne Société royale de Montpellier*, par J. Castelnau, pag. 211. Voyez aussi la *Notice* que nous avons publiée sur ce savant dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences et lettres de Montpellier*, tom. IX, 1897, pag. 255.

(*) La sœur de Romieu épousa Etienne Crassous, avocat, qui d'un premier mariage avec Marie Paulet avait déjà eu un fils, le docteur Pierre Etienne Crassous (père de Mademoiselle Crassous, morte en odeur de sainteté sur la paroisse Sainte-Eulalie, et de Paulin Crassous, conseiller à la Cour des Comptes après la Révolution, représenté par la famille Chalret du Rieu à Paris) Elle lui donna à son tour plusieurs enfants, dont deux survécurent, le sénateur Crassous et Madame Roche, ma grand'mère. Romieu ne laissa qu'une fille, mariée plus tard à son cousin le sénateur Crassous : de ce mariage sont issues les familles Crassous et d'Albenas-Renouvier à Montpellier, Le portrait de Romieu et celui de son père, avec quelques papiers, sont entre les mains de mon cousin et excellent ami M. François Crassous, directeur des Salins du Midi. A. R.

(et non à Saint-Brès comme on l'a souvent dit par erreur), sur une tour dominant la ville, élevée de 10 toises et demie sur le rez-de-chaussée, et à une altitude de 69 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Cette tour, construite par son père dans sa maison, rue Castel-Moton, île Four de Geniès, n° 529 (aujourd'hui n° 4), lui servait d'observatoire astronomique.

Le pluviomètre de Romieu consistait en une cuvette à bords tranchants de forme cubique et d'un pied carré d'ouverture. L'eau s'écoulait dans un vase ; elle était ensuite pesée : du poids on déduisait le volume et enfin la hauteur d'eau correspondant à un pied carré de surface. La cuvette était fixée sur le toit de la tour, de manière à n'être dominée d'aucun côté. Romieu a ainsi mesuré la pluie tombée à Montpellier du 1er septembre 1765 au 31 août 1766. Après sa mort, survenue le 8 novembre de cette année, les observations furent reprises, comme on le dira plus loin, par Jacques Poitevin, avec le même instrument qu'il fit transporter dans sa maison, rue Dauphine.

Romieu a déterminé la température d'un puits à sa campagne le 26 mai 1766, et l'a trouvée de 11° 1/2 à 7 heures du matin, celle de l'air étant 14° 1/2. On lui a aussi attribué d'autres observations trouvées dans les papiers de la Société sur la température des puits de Montpellier, laquelle serait en moyenne de 10°5 Réaumur. Quel qu'en soit l'auteur, ce résultat s'accorde bien avec les mesures de M. Crova, qui a trouvé pour son puits (profondeur 15m), rue du Carré du Roi, n° 14, des températures variant en un an de 12°,3 à 14°,1, moyenne 13°,3 = 10°,64 Réaumur. Or, une approximation d'un demi-degré est tout ce que l'on peut attendre des thermomètres du siècle dernier.

Nous n'insisterons pas davantage sur les recherches de Romieu; cet habile physicien s'est particulièrement distingué par des découvertes en acoustique. Son mémoire capital sur les harmoniques graves ou sons résultants est reproduit à la suite de la Notice que nous lui avons consacrée.

Claude Chaptal, que nous avons cité tout à l'heure comme collaborateur de Romieu de 1758 à 1761, était un médecin distingué

de Montpellier, oncle du célèbre chimiste Jean-Antoine Chaptal. Il continua, de 1762 à 1776, à observer deux fois par jour le baromètre et le thermomètre. Ses notes sont en partie aux Archives.

Quant à Mouret, qui nous a conservé un certain nombre d'observations de Romieu, c'était un météorologiste très zélé, mais la plupart de ses cahiers sont perdus. Il observait à Saint-Jean du Bruel (ou Saint-Jean de Roquefeuil), petite ville de l'Aveyron, dans la vallée de la Dourbie, affluent du Tarn. Il s'intitule ancien premier secrétaire général du gouvernement des Antilles françaises, habitant en l'île de la Dominique, actuellement en la ville de Saint-Jean de Roquefeuil. La Société royale se l'était attaché comme correspondant.

Mouret décrivait tout ce qu'il voyait, sans esprit de système et avec énormément de détails[1]. Il étudie le mouvement des nuages, leur distinction en nuages de pluie, de neige ou de grêle, l'influence de la température sur les végétaux, et la constitution médicale de chaque saison. Malheureusement, nous n'avons de ses mémoires que leur catalogue et quelques résumés succincts de ses observations de météorologie faites dans les sept ou huit dernières années de sa vie. On trouvera ces extraits dans le registre déjà cité, qui est aux Archives. Enfin il s'est occupé des variations de la température avec la profondeur au-dessous du sol.

Il existe aux Archives des observations du thermomètre, faites à Montpellier de 1756 à 1758, les unes à 4 pieds et demi, les autres à 9 pieds au-dessous du sol, et que M. Marié Davy a reproduites dans sa thèse de médecine. L'auteur de ces observations est inconnu. On y voit que les variations diurnes disparaissent à ces profondeurs et que les variations mensuelles sont même très affaiblies. Le minimum de l'année, qui, à l'air libre, se présente dans la première quinzaine de janvier, est au commencement de février pour le thermomètre placé à 4 pieds 1/2, et à la fin de mars pour le thermomètre placé à 9 pieds. De même, le maximum de l'année,

[1] *Résumé d'une étude critique sur la grêle*, par H. Viguier. Montpellier, 1878, pag. 60 et 78.

qui a lieu vers le milieu de juillet à l'air extérieur, n'arrive qu'au commencement d'août à 4 pieds et demi, et vers la fin de septembre à 9 pieds de profondeur. Pour tirer plus de parti de ces observations, il faudrait connaître plus exactement dans quelles conditions elles ont été faites.

Lorsque Bon quitta Montpellier en 1754, il avait formé en Badon [1] un élève propre à le remplacer comme observateur. Attaché depuis longues années au président, il fut initié par lui à la météorologie, et l'on ne peut douter, bien que l'endroit de la ville où il observait nous soit inconnu, qu'il n'ait usé des mêmes précautions pour la disposition et l'usage de ses instruments. La Société royale exerçait d'ailleurs un certain contrôle sur ses observations, ainsi que nous l'apprend Poitevin ; elle lui fournissait les tableaux imprimés où elles sont inscrites. C'est de ces mêmes tableaux que Chaptal se servait, de son côté, pour noter les observations dont nous avons parlé plus haut.

Jusqu'en 1756, Badon se borna à continuer les observations de Bon. Mais, à partir de novembre 1756, elles deviennent plus complètes et plus uniformes ; elles portent sur le baromètre, le thermomètre, le vent, l'état du ciel, et les phénomènes accidentels, tels que la quantité de pluie tombée, la neige, les aurores boréales, etc. Enfin, il donne, pour chaque année, une appréciation générale au point de vue des diverses récoltes, ainsi que la déclinaison de l'aiguille aimantée.

Pour ce qui est de la température, il ne l'a pas toujours observée aux mêmes heures. De 1756 à 1770 inclusivement, c'est le matin, et à 3 heures du soir, comme le faisait Bon pour obtenir approximativement la plus basse et la plus haute température de la journée. A partir de 1771, l'observation de 3 heures est remplacée par une observation à midi, et par une autre le soir, à 5 h. ou à 7 h. suivant la saison, qui peut représenter jusqu'à un certain point la température moyenne. S'il n'y avait pas quelques

[1] Jean-Antoine Badon, ingénieur et arpenteur, ancien capitaine garde-côtes, né et mort à Montpellier (1715-1792).

lacunes, on trouverait donc, dans les cahiers de Badon, 35 années (1756-1791) d'observations du matin, 15 années (1756-1770) d'observations de 3 h., 21 années (1771-1792) d'observations de midi et du soir.

Dans ces trois périodes, les observations les plus importantes sont : celles du matin pour les mois d'hiver, parce qu'étant faites à 7 h. elles donnent à peu près le minimum du jour ; celles de midi, et enfin celles de 3 h. Nous avons cherché à en tirer parti en les comparant à nos observations de 1857 à 1866 à la Faculté des Sciences, et nous avons consacré à cette discussion un mémoire spécial [1].

Ayant calculé pour chaque mois les moyennes générales des températures à midi, tant pour la série de Badon que pour la nôtre, j'ai trouvé que les premières surpassent généralement les secondes : la différence varie entre 1°,4 et — 0°,3, elle est en moyenne 0°,55. J'ai cru pouvoir conclure de là que, par suite d'une erreur constante du thermomètre de Badon, due tant au déplacement du zéro qu'à l'imperfection de l'instrument, ses observations doivent subir une correction de — 0°,5, c'est-à-dire être diminuées d'un demi-degré, pour devenir comparables à celles de la Faculté des Sciences. Cette correction une fois faite, les moyennes mensuelles de Badon diffèrent de moins d'un degré de celles de la Faculté ; et la différence entre les deux séries tombe même au-dessous d'un demi-degré, si, au lieu des températures mensuelles, on compare les températures des quatre saisons.

D'après cela, on doit admettre que le climat de Montpellier, défini par la température *relative* des saisons, est resté invariable depuis un siècle ; ou bien, s'il a changé, que la variation n'atteint pas une fraction de degré assez grande pour que la comparaison des deux séries en question permette de l'apprécier. Il faut remarquer, en effet, que les observations de Badon, comme toutes les observations anciennes, pèchent par l'imperfection du thermomè-

[1] Le *Climat actuel de Montpellier comparé aux observations du siècle dernier*, 1882. Académie de Montp., tom. X, pag. 329.

tre; et, d'un autre côté, notre série de dix ans à la Faculté est trop courte pour que les perturbations accidentelles qui viennent déranger la marche régulière des saisons aient tout à fait disparu de nos moyennes.

Un autre résultat important auquel j'ai été conduit par ma discussion des observations de Badon, c'est la découverte des oscillations *périodiques* qu'éprouve la marche des températures dans le courant de l'année, oscillations qui reviennent à jour fixe et que l'on retrouve dans notre série comme dans celle de Badon. Elles n'apparaissent pas nettement sur les courbes qui représentent pour chaque année la marche du thermomètre, elles y sont dissimulées en partie par les perturbations purement accidentelles. Mais, si l'on considère les moyennes de dix à vingt années, on les voit se dessiner avec d'autant plus de précision que la série est plus longue.

Sans insister davantage sur ces conséquences, qui sont développées ailleurs, on peut juger de l'importance que présentent à ces divers points de vue les observations de Badon. Les quarante années qu'il a consacrées à ce travail moleste et peu attrayant n'ont point été perdues, et il lui est dû d'autant plus de reconnaissance qu'il a moins trouvé d'imitateurs. Ce genre d'occupation, pourvu qu'il ne dépasse pas certaines limites, est cependant moins fastidieux qu'il ne paraît au premier abord : une fois l'habitude prise d'observer à des heures fixes et convenablement choisies, on continue à le faire presque sans y penser, et l'assujettissement que l'on s'est imposé est bien compensé par le plaisir de voir s'accroître chaque jour une collection de faits dont l'intérêt augmente à mesure qu'elle se prolonge.

Les observations de Badon sont conservées aux Archives. Elles forment plusieurs registres. Il y a d'abord les observations de 1754 à 1756, en continuation de celles de Bon. Un volume relié contient les observations à partir du 3 novembre 1756 jusqu'à la fin de 1770. Les années 1771-1775 forment un autre volume relié. La dernière série 1776-1792 est en cahiers, que Badon présentait chaque année à la Société royale; l'année 1789 manque. Tous ces

registres sont très soigneusement tenus, ils témoignent de l'exactitude et de la régularité de leur auteur.

On doit également des observations agronomiques et météorologiques à Jacques-Augustin Mourgue (1734-1818), qui fut quelques jours ministre de l'intérieur en 1792. Elles ont été faites principalement dans sa terre de Montredon près de Marsillargues, et s'étendent de 1772 à 1785. Mourgue n'observait pas à heure fixe, il cherchait à déterminer le minimum et le maximum de chaque jour. La plupart de ses cahiers annuels sont aux Archives. Il a exposé le plan de ses recherches sur les variations atmosphériques dans les assemblées publiques de la Société de 1772 et 1776, et il les a analysées dans son *Essai de statistique* [1] publié en 1801. A la fin de cet ouvrage se trouve un Résumé de ses quatorze années d'observations sur la marche du baromètre et celle du thermomètre, avec des tableaux de la température moyenne mensuelle et annuelle, de la plus haute et de la plus basse température, de la quantité de pluie, du nombre des jours sereins, nébuleux et pluvieux pour chaque année, des vents dans leur rapport avec la pluie.

A l'occasion du fameux brouillard sec de 1783 qu'il avait observé à Montpellier, Mourgue a publié [2] des «*Recherches sur la nature des vapeurs qui ont régné dans l'atmosphère pendant l'été de* 1783». Un brouillard analogue eut lieu en juillet et août 1831. J'en ai cité d'autres cas observés à Montpellier, dans mes «*Recherches sur les offuscations du soleil et les météores cosmiques* [3] ».

Nous ne devons pas oublier, parmi les météorologistes dont notre ville s'honore, l'inventeur de l'hygromètre de condensation. Charles Le Roy, fils du célèbre horloger Julien Le Roy, fut professeur de médecine à l'Université de Montpellier, et sa théorie de

[1] *Les recherches statistiques de Mourgue sur les naissances, les mariages et les morts à Montpellier, de* 1772 *à* 1792, font aussi l'objet d'un travail inséré dans les Mémoires de l'Institut, *Savants étrangers*, tom. I, pag. 33, 1806.

[2] *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, année 1781, pag. 754.

[3] *Acad. de Montp.*, tom. VII, pag. 9, 1868.

l'évaporation de l'eau est restée célèbre. Dans une dissertation sur l'élévation et la suspension de l'eau dans l'air, qu'il soumit à la Société, et qui a été imprimée dans le volume de 1751 de l'Académie des Sciences de Paris, il démontre d'une manière précise l'existence du point de saturation ou de rosée ; il fait voir comment on peut déterminer l'état hygrométrique de l'air en cherchant la température à laquelle on doit le refroidir, pour que la vapeur qu'il contient suffise à le saturer, et au-dessous de laquelle la précipitation se fait nécessairement.

Citons encore, comme ayant contribué à la même époque au progrès des études climatologiques, Jean Gaussen, qui s'est beaucoup occupé des divers genres de thermomètres, de leur graduation et de la comparaison des températures estimées avec ces instruments dans les étés et hivers extraordinaires, particulièrement l'hiver de 1709. Tel est l'objet de sa *Dissertation sur le thermomètre de Réaumur*, imprimée à Béziers en 1789, et qui complète l'ouvrage déjà cité de Van Swinden.

L'abbé Bertholon, qui professa la physique à Montpellier, s'est surtout occupé d'électricité, mais il a aussi servi la météorologie par ses recherches sur la pluie, les aurores boréales, etc.

Nulle découverte n'a autant excité d'enthousiasme que celle des aérostats. Lorsqu'en 1784 Joseph Montgolfier, venant de Lyon, où il avait fait une célèbre ascension, s'arrêta à Montpellier, la Société le reçut dans son sein et lui consacra une séance. Montgolfier lui-même y traita de la résistance que l'air oppose au mouvement des ballons. Chaptal lut un mémoire sur l'usage de la gomme élastique pour la fabrication de leur enveloppe. Poitevin exposa les moyens de mesurer la hauteur à laquelle l'aéronaute s'est élevé. Enfin l'abbé Bertholon fit connaître les expériences électriques qu'il avait faites à l'aide d'un globe aérostatique armé de pointes et retenu par une corde isolante, de manière à mettre en évidence par des étincelles l'électricité atmosphérique et à en reconnaître la nature [1].

[1] Faujas de Saint-Fond ; *Description des expériences aérostatiques de MM. de Montgolfier*, 1784, tom. II, pag. 269.

Vingt ans plus tard, les ascensions de M. et Mme Blanchard, au Peyrou, le 16 avril et le 24 juin 1805, furent accueillies avec le même intérêt par la Société libre, qui inséra dans ses Bulletins (tom. II, pag. 181 et 243) la relation d'une ascension faite à Philadelphie par Blanchard le 9 janvier 1793.

Le célèbre médecin de Montpellier Henri Fouquet est l'auteur d'un mémoire sur le climat de notre ville, lu dans l'assemblée publique du 25 novembre 1771 ; il a pour titre : « Recherches sur la situation de Montpellier, son climat et les autres causes qui peuvent influer sur les qualités de l'air de cette ville et de son territoire, par rapport aux maladies qui y règnent le plus communément ». Ce travail a souvent été mis à contribution. Nous en donnerons une courte analyse, en insistant sur deux points principaux : le changement que, du temps de Fouquet, on croyait que le climat avait subi, et l'appréciation de ce climat au point de vue médical.

La beauté de notre climat, dit Fouquet, semble altérée sensiblement depuis quelques années, si l'on en juge par les changements subits et fréquents qu'on y essuie dans la température de l'air, principalement durant le printemps et en hiver. Le jour le plus rigoureux et le plus triste d'hiver fait place quelquefois à une série de jours beaux et purs ; à l'inverse, au printemps, on voit parfois succéder aux jours les plus doux et les plus sereins les froids âpres ou les pluies de l'hiver. Malgré ces variations extraordinaires, nul changement ne s'est encore fait remarquer à l'égard de la quantité des récoltes et du temps de leur production. On récolte les grains vers la Saint-Jean, et l'on vendange à la fin de septembre.

Malgré l'opinion de Fouquet, qui trouva du reste un contradicteur dans son confrère de Ratte, nous pensons que ces brusques variations, qui sont le défaut de notre climat et de bien d'autres, ont toujours existé comme nous les subissons aujourd'hui. Elles dépendent surtout de notre situation géographique entre la mer et la montagne et de l'influence alternativement prépondérante des vents d'ouest et des vents marins. Ces vents eux-mêmes sont dus

à des bourrasques qui nous arrivent de l'ouest ou du nord-ouest, ayant abordé en Espagne par les côtes de l'Océan, ou bien qui, venant de l'Espagne, du détroit de Gibraltar ou de l'Afrique, ne nous parviennent qu'après avoir traversé la Méditerranée.

Quant à l'époque des vendanges, si elles ont lieu maintenant au commencement de septembre, il y a là une question d'agriculture autant que de météorologie. Au lieu d'attendre, comme autrefois, la parfaite maturité du raisin, nos agriculteurs préfèrent aujourd'hui la devancer.

L'air de Montpellier, ajoute notre célèbre professeur, n'a rien perdu de son ancienne salubrité ; il le doit à diverses causes : sa situation sur une colline qui n'est dominée d'aucun côté ; — l'absence d'eaux stagnantes aux environs; — la pente des rues, qui empêche l'eau de croupir ; — les parfums des plantes aromatiques qui couvrent les garrigues voisines ; — la diversité des vents qui soufflent sans le moindre obstacle des différents points de l'horizon; — la sécheresse de l'été ; — les grandes pluies d'orage ; — enfin le mélange de l'air marin avec l'air trop sec des montagnes.

On cite pourtant à Montpellier assez d'exemples de maladies épidémiques ; mais plusieurs furent des pestes importées par le commerce de l'Orient. Les forêts de pins et de mélèzes voisines de la ville étaient une cause de salubrité par leurs émanations odorantes. Malheureusement, elles ont été peu à peu abattues, ce qui de plus a eu le fâcheux effet de dénuder le sol.

Au sud, sont des étangs et des marais, sources d'insalubrité sur le lieu même où elles occasionnent des fièvres intermittentes plus ou moins épidémiques, et des fièvres malignes en été et en automne. Mais ces émanations sont généralement restreintes aux endroits bas et marécageux, et n'arrivent qu'exceptionnellement jusqu'à la ville. Cependant, quand les vents marins règnent vers la fin d'août, des odeurs marécageuses arrivent à Montpellier. On constate aussi que le vent de mer agit sur les pierres des édifices, qui sont rongées à l'exposition du sud. Ce côté de la ville doit donc être moins sain et plus sujet aux fièvres. Le côté nord et les quartiers hauts sont balayés par les vents ; mais, à leur tour, sous l'influence des

vents secs, ils sont prédisposés aux maladies de la gorge et de la poitrine.

Fouquet aurait dû mentionner ici l'influence des émanations du Lez sur la partie est de la ville, la citadelle, les faubourgs de Nîmes et de Lattes. Le cours peu rapide de cette rivière dans la saison chaude donne lieu à des fièvres intermittentes chez les ouvriers des usines et les populations riveraines. Mais ces conditions fâcheuses se sont beaucoup améliorées, surtout depuis une trentaine d'années : la fréquence et l'intensité des fièvres ont diminué graduellement dans nos environs, par les progrès de la culture, le meilleur entretien des cours d'eau, et par des travaux d'assainissement des étangs ; des précautions hygiéniques suffisent aujourd'hui pour en garantir les habitants de ces localités [1].

Le personnage le plus marquant de la Société royale pendant la seconde moitié du XVIII[e] siècle est de Ratte [2], qui en a été secrétaire perpétuel depuis 1745 jusqu'à la dissolution de la Société en 1793, et dont le nom fut longtemps populaire à Montpellier. Ami et contemporain de Romieu, il lui survécut quarante ans, et il dut à sa longue carrière de présider à la reconstitution de l'Académie sous le nom de Société libre. De Ratte se livra d'abord à l'étude des mathématiques ; il publia des recherches sur le calcul des pressions hydrostatiques dans des vases de diverses figures, sur la nature de la pesanteur, ainsi que plusieurs articles de physique dans l'*Encyclopédie*, tels que *froid*, *gelée*, *glace*, etc. Aucune science ne lui

[1] Lafosse ; *Mémoires sur les exhalaisons des marais du Bas-Languedoc et les moyens d'en prévenir les effets* (*Société royale*, Assemblée publique de 1772). — J.-A. Chaptal ; *Mémoires sur les causes d'insalubrité des lieux voisins de nos étangs* (*Société royale*, Assemblée publique du 23 décembre 1784). — Fulcrand Pouzin ; *Sur les moyens de rendre moins insalubres les étangs de l'Hérault*, 1812, *Société libre*, tom. V, pag. 293. — H. Guinier ; *Des conditions sanitaires de la ville de Montpellier*, 1863. — Pécholier et Saintpierre ; *Étude d'hygiène de quelques industries des bords du Lez*, 1864.

[2] Étienne Hyacinthe de Ratte, né et mort à Montpellier (1722-1805). Voyez son éloge par J. Poitevin, dans les *Bulletins de la Société libre des Sciences et Belles-Lettres de Montpellier*, tom. II, pag. 377.

était indifférente, et on lui doit un travail sur l'accroissement subit et la floraison de l'*Agave americana*.

Mais c'est surtout à l'astronomie qu'il se consacra ; il a fait un très grand nombre d'observations, parmi lesquelles nous citerons comme les plus importantes : celles de la comète de 1757, qu'il observa avec le célèbre physicien Coulomb et dont il détermina l'orbite ; —de la comète de Halley en 1759, qu'il voyait avec une queue de 25 degrés le 29 avril, alors qu'à Paris on la distinguait à peine [1] ; — du passage de Vénus devant le soleil le 6 juin 1761; il en fit l'observation complète et la combina avec les autres pour en déduire la parallaxe du soleil ; — de la disparition de l'anneau de Saturne en 1773 ; — du passage de Mercure du 4 mai 1786, qui fut manqué à Paris par la plupart des astronomes, etc.

Il a écrit l'Histoire et publié les Mémoires de la Société royale de Montpellier, depuis sa création en 1706 jusqu'en 1745, en deux volumes parus l'un en 1766, l'autre en 1778. C'est principalement par cette publication qu'il a contribué aux progrès de la météorologie, en analysant des travaux et nous conservant des faits intéressants qui seraient restés dans l'oubli. Mais il a fait aussi lui-même des observations sur le thermomètre et le baromètre, de 1748 à 1756, conservées aux Archives, et communiqué à la Société libre des réflexions sur un prétendu dérangement des saisons, qui, selon certaines personnes, seraient devenues plus rigoureuses, opinion que nous venons de voir soutenue par Fouquet.

Nous devons encore à de Ratte un grand nombre de notices historiques, les éloges de Plantade, Clapiès, La Peyronie, Romieu, Pitot, Sauvages, etc., imprimés dans les comptes rendus des Assemblées publiques de la Société, et reproduits par Des Genettes et Castelnau. Il fut conseiller à la Cour des Aides de 1770 à la Révolution. A la création de l'Institut de France (an IV, 25 octobre 1795), il fut compris dans la liste des membres associés non résidents.

On sait comment la Société royale fut dissoute avec toutes les

[1] *Société libre*, tom. II, pag. 81.

autres Académies, et perdit sa riche bibliothèque, son observatoire avec la plupart des instruments et l'hôtel académique (rue Aiguillerie, n° 31) qu'elle avait enfin obtenu grâce à Dillon, archevêque de Narbonne. Lorsque le calme fut un peu rétabli, de Ratte s'occupa, de concert avec Poitevin, à rassembler les membres dispersés de l'Académie. Dès 1795, nous les voyons se rallier, suivant leur expression, autour du superbe télescope qui avait été donné à la Société en 1784 par le maréchal de Biron : c'était le seul bien qui leur restât. Ainsi se créa la Société libre des sciences et belles-lettres, dont de Ratte fut secrétaire, puis président jusqu'à sa mort ; servant de trait d'union entre les deux Académies, il put transmettre à la nouvelle les honorables traditions de l'ancienne. La Société libre fut reconnue par le Gouvernement en 1798, grâce à la protection de Chaptal. Cette Société a publié six volumes contenant 75 Bulletins : le premier est de 1803, le dernier volume inachevé est de 1815.

Flaugergues[1], neveu de de Ratte, qui habitait Viviers, est bien connu dans la science par ses observations sur la pluie et par un grand nombre d'observations astronomiques [2], notamment sur la déviation d'un corps tombant d'une grande hauteur, — les satellites de Jupiter, — les taches du soleil, — l'anneau de Saturne.

Parmi les phénomènes météorologiques relatés par de Ratte, nous mentionnerons la *trombe* terrestre[3] du 2 novembre 1729.

[1] Honoré Flaugergues, né à Viviers le 16 mai 1755, mort en novembre 1830, correspondant de l'Institut. Voyez Lalande (*Bibliographie astronomique*, pag. 635), et surtout une Notice très complète de M. G. Bigourdan dans le *Bulletin astronomique* de Tisserand (novembre 1884, pag. 569). Après la mort de Flaugergues, ses manuscrits ont passé dans la famille Seguin, alliée aux Montgolfier. Ils ont été retrouvés par Tisserand, lors de l'inauguration du monument d'Annonay en août 1883, et généreusement donnés à l'Observatoire de Paris par M. Augustin Seguin. (Une Notice sur Flaugergues par M. A. Majon vient de paraître dans la *Revue historique, archéologique, littéraire et pittoresque du Vivarais* en 1896). A. R.

[2] *Société libre*, tom. II, pag. 5.

[3] *Société royale*, tom. II, *Hist.*, pag. 24. Voyez aussi Montferrier, dont la description, analysée ici par de Ratte, se trouve aux Archives ; et comparez avec la trombe de Capestang près de Béziers le 21 août 1727, décrite et expliquée par Andoque, de l'Académie de Béziers (Acad. des Sciences de Paris).

Vers les 8 heures du matin, du côté du sud-est, d'où venait le vent, on aperçut une petite nuée fort obscure et fort élevée, sans figure déterminée, et qui s'avançait avec un bruit sourd vers la ville. A mesure qu'elle approchait, elle descendait, paraissait plus grosse, plus épaisse et plus noire. Le bruit augmentait aussi, devint horrible et comparable à celui de plusieurs trains d'artillerie roulant en même temps sur un pavé très solide. La nue semblait s'abaisser jusqu'à terre, et au milieu de son obscurité on aperçut une lueur semblable à celle de la fumée qui s'élève d'un grand feu. Après son passage, selon quelques observateurs, on aurait senti une odeur de soufre.

Cette nuée formait un tourbillon s'étendant à cinquante toises à la ronde, et si violent qu'il déracinait les arbres, enlevait les toits des maisons et renversa même certains édifices, emportant les débris à plus de deux cents toises. Ses ravages commencèrent à un quart de lieue de la ville du côté du midi ; de là, il parvint au couvent des Cordeliers (temple protestant), traversa le faubourg de Lattes, l'Esplanade, descendit au faubourg du Pila-Saint-Gély, et enfin atteignit le couvent des Recollets (Séminaire), où toute la couverture fut enlevée, plusieurs murs abattus ou ébranlés. Enfin le tourbillon alla avec la nuée se perdre dans la campagne du côté du nord, ayant parcouru une petite demi-lieue en longueur sur une largeur d'environ cent toises. Après qu'il se fut dissipé, il survint une grosse pluie d'orage, sans éclairs et sans tonnerre.

Il est intéressant de comparer à cette trombe celle, bien autrement terrible, de 1844 qui ravagea le territoire de Cette et dont voici la description d'après un récit du temps.

Le 22 octobre 1844, à 4 h. 25^{m} du soir, par un temps affreux, le baromètre étant à 733^{mm}, le vent soufflant avec force dans toutes les directions, on vit venir de la mer à l'entrée du port un vaste nuage noir comme de l'encre, dans lequel brillaient des lueurs assez vives. La pluie et la grêle tombaient à profusion, accompagnées de coups de tonnerre et d'éclairs violacés. A son passage au-dessus du môle, ce nuage souleva plusieurs des énormes rochers roulés à sa base et qui le défendent contre les vagues. Il se porta

rapidement vers le paratonnerre du pavillon du génie et l'abattit presque en entier par un coup foudroyant. Un bruit épouvantable se fit entendre, semblable à l'explosion d'un magasin à poudre. La toiture du pavillon, recouverte de plaques de zinc, fut déchirée et enlevée dans le tourbillon, et les murs de l'édifice croulèrent avec un horrible fracas. Deux maisons voisines furent complètement rasées. Les navires qui étaient dans le bassin furent renversés, jetés sur le flanc ou chavirés : les voiles, les antennes, les agrès, brisés, volèrent en lambeaux.

Au milieu d'une épaisse obscurité et d'un bruit assourdissant, comme celui de centaines de charrettes chargées de fer et roulant sur le pavé, la trombe emporta dans les airs des barques, des hommes, des tourbillons de vase et de boue ; des fermetures arrachées, des pièces métalliques scellées dans les murs, furent traînées à grande distance ; les tuiles des maisons furent enlevées par milliers ; et l'on retrouva des débris de toute espèce à plusieurs mille mètres, jusqu'à Bouzigues et à Cournonterral. Pendant tout ce temps, une pluie véritablement diluvienne inondait la ville [1].

La trombe, suivant la direction du canal, brisa des embarcations, resserrant le plus souvent ses ravages sur une largeur de 2 à 3 mètres et laissant des nacelles intactes à côté de navires démâtés. Sa trace était sinueuse et dirigée vers l'ouest.

Ce météore ne dura que quelques minutes, et l'on eut à déplorer la perte de 20 personnes tuées ou noyées. 6 navires furent engloutis, tous les autres éprouvèrent des avaries. 200 maisons furent lézardées ou endommagées. Dans les appartements on vit des cloisons renversées, les vitres brisées ou simplement percées.

En s'éloignant de Cette, la trombe longea l'étang de Thau et traversa le territoire de Balaruc, précédée par une averse de grêle. Elle brisa ou déracina des arbres ; des oliviers arrachés furent soulevés rapidement et retombèrent aussitôt. A son entrée dans la

[1] Elle atteignit, dit-on, 50 centimètres en 3 heures. Comparer avec les plus grandes pluies horaires connues : le 14 novembre 1766 à Montpellier, 39 centimètres (Poitevin); le 15 décembre 1768 et le 11 octobre 1862, en 6 heures, 22 centimètres.

garrigue de Poussan, la trombe est décrite comme ayant l'aspect d'un nuage très dense en forme de cône renversé, communiquant avec le sol par une large colonne de vapeurs où brillaient des lueurs rougeâtres. Arrivée dans les environs de Cournon, elle n'était plus qu'un nuage orageux, d'où jaillissaient des coups de tonnerre et des éclairs incessants. — Le lendemain, on signala plusieurs sinistres en mer, et deux navires vinrent échouer près d'Agde [1].

Ce phénomène extraordinaire donna lieu à plusieurs écrits intéressants de l'abbé Peytal [2]; nous citerons aussi le rapport du professeur J.-E. Bérard sur l'origine électrique de la trombe.

En 1774, la Société royale, jalouse de contribuer plus efficacement aux progrès de la météorologie, proposa pour sujet de prix la question suivante : « Quelle est l'influence des météores sur la végétation, et quelles conséquences peut-on tirer, relativement à cet objet, des différentes observations météorologiques faites jusqu'ici ? » Le prix fut remporté par l'abbé Toaldo [3], professeur d'astronomie, de géographie et de météorologie à l'Université de Padoue. Son ouvrage a pour titre : *Essai de météorologie appliquée à l'agriculture*, et pour épigraphe : «*Annus fructificat, non terra* » : d'où le proverbe : « Mieux vaut bon an que bon champ ». Il a été imprimé en 118 pages dans les publications de la Société, à la suite de la séance publique du 30 décembre 1774, qui contient aussi une analyse par Poitevin de la dissertation de Toaldo.

Le mémoire de Toaldo repose sur la discussion de quarante années d'observations faites en grande partie à Padoue par le marquis de Poléni et son fils l'abbé de Poléni, de 1725 à 1764 et

[1] *Echo du Midi*, 14 et 16 avril 1847. C'est d'après cet article qu'avait été rédigée la présente description. A. R.

[2] *Essai sur la cause des trombes*, 1847. L'abbé Peytal, dont nous avons déjà parlé à l'occasion des éclipses totales de soleil de 1706 et de 1842, né et mort à Montpellier (1800-1850) : esprit original et subtil, passionné pour l'astronomie ; il s'est occupé principalement de la théorie et de la construction des instruments d'optique (*Acad. de Montp.*, tom. I, pag. 105, 109, 471).

[3] Joseph Toaldo, Vicentin (1719-1797).

d'une série due à Toaldo lui-même de 1766 à 1774. Ses observations de température ont été faites à l'air libre, au lever du soleil et à 3 heures du soir.

Toaldo remarque très justement que la marche de la chaleur dans le cours de l'année, soit qu'elle croisse ou décroisse, n'est jamais régulière : elle procède par sauts, tantôt directe, tantôt rétrograde, comme s'il y avait des jours plus que d'autres disposés au froid ou au chaud ; et de même il en est de plus disposés au serein, à l'humidité, au vent. C'est ainsi qu'il a formé le *Calendrier météorologique* qui accompagne son travail : c'est l'histoire des quatre saisons de l'année, des mois et même des jours au point de vue de la température, de l'état du ciel et de la pluie.

Cela se rapporte, il est vrai, au climat de la Lombardie ; et cependant plusieurs des conséquences de l'auteur se vérifient pour Montpellier. De là résulte que des climats différents peuvent offrir des caractères communs, tenant à l'existence de causes générales et permanentes que les perturbations accidentelles ou locales ne sauraient entièrement dissimuler.

Nous allons reproduire les points essentiels de ce calendrier, dressé par Toaldo pour les environs de Padoue. Voici d'abord, selon lui, les jours critiques de chaque mois :

Janvier. — Neige du 4 au 18. Minimum de température les 1, 11 et 17 ; belle journée le 29.

Février. — Neige les premiers jours ; froids après, surtout si janvier a été doux. Le 2 est critique : s'il est beau, nous sommes à la moitié de l'hiver ; s'il est pluvieux, l'hiver est fini. Minima les 5, 15, 26. Il y a de très beaux jours dans ce mois.

Mars. — C'est le mois des vents ; ils commencent à souffler vers le 8. Froid, neige ou pluie. Jours critiques les 12, 23, 25, 29. Les belles soirées de mars sont éclairées par la lumière zodiacale.

Avril. — Maximum de température le 5. Les vents continuent ; beaucoup de jours variables ou pluvieux, principalement le 1er et le 25. On commence à ressentir la douceur de la saison, mais les gelées blanches sont à craindre. Minima le 12 et le 27.

Mai. — C'est le mois qui a le plus de jours pluvieux et surtout

de variables. Brouillard ; quelquefois orages et grêles ; débordements dus à fa fonte des neiges. Minima le 15, le 26.

Juin. — Minimum le 7. Temps pluvieux vers le 8 jusqu'au 12, variable jusqu'à la Saint-Jean. Jours chauds vers le 15 et le 21. Orages vers le 10 et le 28.

Juillet. — Les trois premiers jours, variables ou pluvieux, font baisser la température. A compter du 4, les beaux jours reviennent avec la chaleur. Maximum le 7, le 18. Interruption le 24 et le 31 ; ce dernier jour très souvent mauvais. Jours critiques pour les orages le 8, le 24 et surtout le 28.

Août. — Les premiers jours variables ou pluvieux, le reste beau. Maxima les 5, 10, 16, qui sont des plus chauds de l'année. Orages le 4, le 17. Minima le 20 et le 31.

Septembre. — Minimum le 4, maximum le 8. C'est un beau mois, s'il n'est pas troublé par la pluie et les vents. Les 11 et 12 sont beaux ; puis bourrasques et orages de mer jusqu'au 16 et aussi après l'équinoxe.

Octobre. — Les premiers jours beaux. Maximum le 8. Orages ou pluie vers le 23, le 28. Minimum le 30.

Novembre. — Minimum vers les 4, 10, 22, 28. Pluies du 1^er^ au 15. Après, on a quelquefois une semaine de beaux jours, qu'on appelle le petit été de la Saint-Martin. Neige vers le 20.

Décembre.— Assez pluvieux ; beau vers le 10 et après la Noël. Neige du 8 au 12, du 17 au 24, du 28 au 31. Minima les 5, 14, 25.

Voici encore quelques *Remarques générales* de Toaldo sur le climat de Padoue, qui ne seront pas sans intérêt pour nous, si l'on fait attention que cette ville, située entre les Alpes et l'Adriatique, offre sous ce rapport avec Montpellier une certaine analogie. — Les mois les plus secs, à Padoue, sont février, janvier, mars et décembre ; les mois pluvieux sont octobre, juin, mai, avril, septembre. Le plus grand nombre de jours de pluie se présente en mai, octobre et novembre.

Les vents de S et SE sont humides. Les pluies et neiges viennent de N et NE : selon Toaldo, ce sont des vents du sud,

réfléchis ou arrêtés par les montagnes. — En été, on observe une brise de S. E. qui tourne le soir vers l'O. En mars, des vents secs de N. E. — Les grêles, les orages et les ouragans viennent ordinairement de l'O. N. O Cela, dit Toaldo, est connu même aux Antilles. Le 25 mai 1736, il y eut en Angleterre une très grande tempête venant du N. O., et on l'observa le lendemain à Padoue, par le même vent, dans la même direction, avec l'intervalle seulement des heures nécessaires pour aller de l'un à l'autre pays. — Les orages d'été avec tonnerre sont sans vent. Les orages accompagnés de vent donnent plutôt de la grêle, dont les grains grossissent à raison de la violence du vent et sont plus rares à proportion de leur grosseur. Ces remarques sont importantes pour la théorie de la grêle.

Sous le nom d'*Aphorismes météorologiques*, Toaldo indique quelques conclusions qui méritent d'être vérifiées, et que nous transcrivons comme exemple de l'usage qu'il a fait de ses observations et de l'utilité pratique qu'il espérait en tirer pour l'agriculture. — Un automne humide avec un hiver doux est suivi ordinairement d'un printemps sec et froid qui retarde beaucoup la végétation. — Si l'hiver est sec, le printemps sera humide. A un printemps et un été humides succède un automne serein ; et à un automne serein, un printemps humide. — Dans une période de dix ans on a une fort mauvaise récolte, deux très médiocres, cinq ordinaires et deux abondantes.

Toaldo a reproduit le mémoire couronné par notre Société royale, dans son « *Essai météorologique* sur la véritable influence des astres, des saisons et changements de temps », traduit par Daquin, 1784. Il y développe principalement sa célèbre théorie des *points lunaires*. Ayant cru remarquer que, au bout de 18 ans, les phénomènes météorologiques reviennent dans le même ordre, il en déduisit un cycle pour le retour des saisons. D'après lui, la lune aurait une influence sur les pluies, dépendant de ses phases et des points lunaires, c'est-à-dire des différentes situations de notre satellite par rapport à la terre et au soleil.

L'observation n'a pas confirmé ces vues théoriques ni leur appli-

cation à la prévision du temps. Mais il reste à Toaldo le mérite d'avoir dissipé l'erreur, encore très accréditée, d'une influence occulte des astres, et d'avoir démontré l'action prédominante de la chaleur solaire sur la végétation Quant à sa théorie lunaire, elle n'est qu'une exagération de l'idée juste d'une marée atmosphérique produite par la lune, incontestable en théorie, mais dont le résultat effectif sur les changements de temps reste encore à établir. Enfin, ses ouvrages se recommandent par le grand nombre de faits bien observés et de préceptes utiles qu'il y a consignés.

Nous arrivons actuellement à l'un des hommes qui ont le plus activement développé les études météorologiques dans notre ville; il y a contribué tant par ses propres observations que par la publication de son grand ouvrage sur le climat de Montpellier. Jacques Poitevin eut pour maîtres Danyzy et de Ratte, aussi ses premiers travaux furent-ils dirigés vers l'astronomie pratique, et se préoccupa-t-il toute sa vie de l'organisation de l'observatoire de la Société royale, désireux qu'il était de voir utiliser au profit de sa science de prédilection la sérénité de notre ciel et le zèle de nos savants. Dès l'âge de 22 ans, il commença à s'occuper sérieusement de météorologie, comme on le voit par son *mémoire* contenant des observations botanico-météorologiques faites à Montpellier en 1764 et 1765, avec quelques remarques générales relatives à l'influence des météores sur la végétation.

La maladie de Romieu et puis sa mort ayant interrompu, à partir de septembre 1766, les mesures pluviométriques que ce physicien avait le premier organisées à Montpellier, il y eut dans les observations une lacune que la Société voulut remplir; elle chargea Poitevin de cette mission. L'automne de cette année 1766 avait été précisément signalé par des pluies extraordinaires dans le Languedoc, la Provence et le Roussillon. Ces pluies orageuses commencèrent au mois d'octobre. A Montpellier, il plut le 13 pendant huit heures consécutives; les rivières des environs submergèrent les champs, les vignes et des troupeaux entiers. Les pluies de novembre furent encore plus fortes. Une tempête furieuse en

donna le signal le 14 vers 10 heures du soir ; elle continua toute la journée du lendemain, et la pluie dura presque sans interruption jusqu'au 22, le vent restant constamment au sud-est. Poitevin estime qu'il tomba 65 centimètres d'eau en novembre, dont 54 du 14 au 17 ; la seule journée du 14 en aurait donné plus de 39.

Poitevin fit transporter chez lui l'instrument même de Romieu, et l'installa sur la partie la plus élevée de sa maison, rue Dauphine, n° 193, aujourd'hui n° 6, au coin de la rue des Carmes-du-Palais, à l'altitude de 62 mètres environ. Au lieu de peser l'eau reçue dans la cuvette, comme le faisait Romieu, Poitevin en mesurait directement la hauteur, en la faisant arriver dans un parallélipipède rectangle dont la section avait un rapport connu avec la surface de la cuvette et qu'il avait gradué une fois pour toutes. Il a continué ces mesures de la pluie pendant quarante ans, depuis le 1er janvier 1767 jusqu'à sa mort.

La moyenne annuelle de ses observations est de 765 millimètres; et le nombre de jours de pluie, de 82. Par la comparaison des premières années de sa série avec les dernières, Poitevin avait cru reconnaître une diminution appréciable dans la quantité moyenne de pluie tombée à Montpellier, ce qu'il attribuait à l'abus des défrichements et à la destruction des arbres ; mais les observations postérieures n'ont pas confirmé cette diminution, bien que les défrichements aient continué. Ce qui est hors de doute, c'est l'énorme quantité d'eau qui tombe quelquefois dans un court intervalle. Outre l'exemple de tout à l'heure, on peut citer le 15 décembre 1768, qui donna $0^m,225$; le 11 octobre 1862, en six heures nos observations mentionnent aussi $0^m,220$. Les pluies donnant $0^m.15$ à $0^m,20$ en un jour ne doivent pas être considérées comme exceptionnelles.

L'Essai sur le climat de Montpellier, publié en 1803, est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'en parler longuement. L'auteur y a réuni les principaux faits météorologiques de la seconde moitié du XVIIIe siècle, et il remonte même jusqu'aux premiers temps de la Société royale. C'est une étude complète et consciencieuse, remplie de faits intéressants, pouvant servir à

caractériser notre climat au siècle dernier ; on y trouvera des termes de comparaison pour apprécier si ce climat a éprouvé des changements sensibles, question qui a été souvent discutée par nos prédécesseurs et qui partageait alors les esprits dans la Société. Enfin il a constaté cette règle de la rotation des vents de l'Est à l'Ouest par le Sud, qu'on appelle aujourd'hui à tort loi de Dove, que Mariotte avait déjà signalée et qui est trop frappante chez nous pour échapper à un observateur attentif.

Poitevin, dans son Essai, traite aussi de l'influence météorologique des phases de la lune. Pour contrôler le système de Toaldo, il compara les observations de pluie aux syzygies, aux quadratures, aux lunistices. Il attribua surtout une grande importance météorologique au mouvement de l'apogée lunaire, dont la période est de 8 ans 311 jours. Poitevin adopta les idées de Toaldo sur d'autres points moins contestables, tels que la marche inégale de la température dans le cours de l'année, la détermination des irrégularités qu'elle présente et leur influence sur les récoltes ; et il a eu soin de nous conserver d'anciennes traditions dues à l'expérience de simples cultivateurs, mais qui, débarrassées des préjugés dont elles sont parfois accompagnées, peuvent fournir à la science d'utiles indications.

L'Essai contient les tableaux de 36 années d'observations udométriques jusqu'en septembre 1802, à savoir les quantités de pluie par mois et le nombre de jours pluvieux. Il y a quelques lacunes (vingt mois environ) de 1792 à 1795. Poitevin poursuivit ces observations jusqu'à la fin de 1806. Son fils aîné Eustache Poitevin [1] les a continuées de 1807 à la fin de 1812. On les trouvera dans les *Bulletins* de la Société des Sciences et Belles-Lettres de Montpellier, tom. II, pag. 258, et tom. V, pag. 481.

Plein de zèle et de dévouement pour l'ancienne Société dont il avait fait partie dès 1766, il s'occupa activement de sa reconstitution sous une autre forme en 1795, et il en fut le secrétaire

[1] Payeur-Général du département (*Société libre*, tom. V, pag. 11) ; auteur d'une Notice sur Sébastien Bourdon (*Société libre*, tom. V, pag. 41).

jusqu'à sa mort[1]. Il était en correspondance avec Lalande. On lui doit encore un grand nombre d'observations astronomiques (éclipses des satellites de Jupiter, occultations d'étoiles) faites soit à l'observatoire de Montpellier, soit à sa campagne de Mézouls, près Mauguio ; enfin des mémoires sur diverses questions agricoles : ce fut même l'objet de ses plus constantes préoccupations, la plupart de ses études s'y rattachent, et, comme il le dit lui-même, « il serait difficile d'être fortement attaché au bien public, sans s'occuper de l'agriculture, comme du premier moyen de l'établir ».

L'importance de la climatologie au point de vue de la santé publique et de la fréquence de certaines maladies ne pouvait être méconnue dans une ville essentiellement médicale comme la nôtre. Aussi, bien avant le travail déjà cité de Fouquet, Gaspard René en 1761 présentait dans un concours une thèse sur le climat de Montpellier[2], et Fournier, médecin de l'hôpital Saint-Eloi, publiait en 1766 un mémoire sur la situation, l'air et les eaux de

[1] Jacques Poitevin, né et mort à Montpellier (1742-1807), fut président de l'Administration départementale après le 18 brumaire et ensuite Conseiller de préfecture de l'Hérault. Voir son éloge par Martin-Choisy (*Société libre*, tom. III, pag. 183) et une Notice par Baumes, 1813. — Son plus jeune fils, Théodore Poitevin (*), a publié en 1798 des « *Tables de comparaison entre les nouveaux poids et mesures et les poids et mesures en usage à Montpellier et aux environs* » et des « *Réflexions sur quelques étymologies languedociennes qui dérivent directement du grec* » (*Société libre*, tom. II, pag. 37).

[2] Collection des disputes pour les chaires, à la bibliothèque de la Faculté de médecine.

---

* Théodore Poitevin des Pradels épousa la sœur aînée de mon père. Avec son fils Abel Poitevin de Maureillan, mort sans laisser d'enfants, s'est éteinte en 1874 la descendance mâle de Jacques Poitevin. Cette famille, qui a honoré notre ville à la fin du siècle dernier et au début du nôtre, est dignement représentée aujourd'hui par la descendance de deux des enfants du savant :

le général de Maureillan (familles Véret, Rolland et Cazalis) ;

la générale de Campredon, mère du conseiller Charles de Campredon (mort sans postérité) et de Mme des Hours Farel, qui nous accueillait à Mézouls, quelques années avant sa mort, avec une aimable et touchante sympathie, au milieu d'un véritable musée de souvenirs, portraits, buste de Jacques Poitevin, etc. (familles Eugène des Hours, Louis des Hours, Auriol, Roman et Boissier). A. R.

la ville de Montpellier[1]. Mais c'est surtout à nos célèbres professeurs Fouquet et Baumes que revient l'honneur d'avoir institué à Montpellier, avec les cliniques, l'étude des constitutions médicales comparées aux faits météorologiques[2]. Marchant dans cette voie, T. Méjan entreprit en 1802, sous le titre d'*Ephémérides météorologico-médicales*, l'observation simultanée des phénomènes atmosphériques et des maladies régnantes et les continua jusqu'en 1817.

Le Docteur Thomas Méjan, médecin des prisons, membre de la Société libre, praticien distingué et frère du professeur André Méjan, avait commencé en l'an II[3] une série d'observations météorologiques, dont parle Poitevin. Murat nous a conservé dans son ouvrage le résumé de ces précieuses observations jusqu'en 1806, c'est-à-dire les 12 années commençant à l'an III (22 septembre 1794) et se terminant par l'an XIV (22 septembre 1806). A dater de 1802, Méjan publia mensuellement ses *Ephémérides* dans le journal de Médecine de Baumes[4] jusqu'à la fin de 1817. On y trouve indiquées les mesures du thermomètre et du baromètre, le vent dominant, l'état du ciel et la quantité de pluie.

Jusqu'à 1813, la mesure de la pluie est empruntée aux Poitevin ; mais à partir de cette date nous ne savons pas où et comment Méjan a observé la pluie des quatre années complètes 1814-1817. M. V. Raulin, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, les a jointes à celles des Poitevin dans son grand travail sur les « Observations pluviométriques faites dans l'Aquitaine (sud-ouest de la France), de 1714 à 1860 », pag. 345[5].

Les observations de Méjan se décomposent en deux périodes : la première se termine en 1806 et a été utilisée par Murat, les tableaux y sont disposés selon le calendrier républicain. En 1806,

[1] *Recueil d'observations de médecine des hôpitaux militaires*, par Richard de Hautesierck, tom. I, pag. 1 et 21.

[2] Voyez C. Saintpierre ; *Essai historique et médical sur les constitutions propres au climat de Montpellier*, 1859.

[3] 1793 *Société libre*, tom. V, pag. 11.

[4] *Annales de la Société de médecine pratique de Montpellier*, an XI et suivants.

[5] Extrait des *Actes de l'Académie de Bordeaux*, 1863-1870.

il revient au calendrier ordinaire ; et cette seconde période de douze ans 1806-1817 est la base de l'étude météorologique du climat de Montpellier insérée dans la *Statistique de l'Hérault* En réunissant ce dernier ouvrage à celui de Murat, on a des documents assez complets sur les vingt-quatre années 1794-1817. Mais, à cause des fautes de copie ou d'impression, il serait à désirer que l'on réunît les tableaux mensuels de Méjan, pour les étudier à part. Malheureusement, la différence du calendrier dans les deux séries exigerait un travail considérable pour les faire concorder, et il est même douteux que ce travail soit possible en l'absence des cahiers originaux donnant les résultats observés chaque jour. C'est ainsi que les observations de ce médecin aussi laborieux qu'éclairé ont perdu une grande partie de leur importance ; et la même remarque s'applique à toutes celles qui ont été faites dans la même période.

La *Topographie médicale* de la ville de Montpellier par Murat [1] contient une analyse exacte et très complète de la première série d'observations de Thomas Méjan et leur comparaison avec les travaux antérieurs, notamment avec ceux de Mourgue. Les tables météorologiques de Méjan, que Murat dit avoir entre les mains, sont évidemment les originaux des tableaux mensuels de douze années consécutives d'observations de l'an III à l'an XIV, et qui à partir de l'an XI sont insérés sous le nom d'Ephémérides dans le *Journal* de Baumes. Ces 144 résumés mensuels ont eux-mêmes été condensés par Murat et distribués en tableaux particuliers à chaque principale classe de phénomènes.

Ainsi les douze premiers tableaux de Murat donnent pour

[1] Jean-Arnaud Murat (de la Dordogne), docteur en médecine de la Faculté de Montpellier, médecin honoraire de la Grande-Armée, au 8e corps des armées d'Allemagne, médecin de la Charité à Montpellier. Poitevin le fit entrer à la Société des Sciences, à laquelle il fit plusieurs communications sur des sujets médicaux et dont il est resté secrétaire jusqu'à sa dissolution en 1816. — Le livre de Murat est intitulé : *Topographie médicale de la ville de Montpellier*, ouvrage qui a emporté le prix au jugement de la Société des Médecins et des Naturalistes de Souabe le 14 juillet 1808. Ouvrage dédié à Sa Majesté le Roi de Naples. Imprimé à Montpellier, Renaud, libraire, 1810.

chaque mois des douze années le maximum et le minimum du thermomètre, le maximum et le minimum du baromètre, le nombre de jours beaux, couverts, de tonnerre et de grêle. Le 13e tableau donne, pour chaque année, le jour et le degré de la plus grande chaleur et du plus grand froid, de la plus grande et de la plus petite élévation du baromètre.

Le 14e tableau contient la température moyenne pour chaque mois des douze années et pour chaque année. Le 15e donne la durée des plus grands froids de chaque mois d'hiver. Murat en conclut que la durée maximum est de 21 jours, la moyenne de 10 jours, et qu'on est fondé à se plaindre de la rigueur de l'hiver, quand le froid se prolonge plus d'une semaine de suite — Enfin ces divers résultats sont comparés avec les données analogues obtenues par Mourgue pour la période de 1772-1785 dans l'*Essai de Statistique*.

Passant à l'étude de la sérénité du ciel, il consacre quatre tableaux à donner, toujours d'après les observations de Méjan, le nombre des jours sereins de chaque mois de la série, celui des jours couverts, le nombre des jours sereins et celui des jours couverts de chaque saison. Il trouve 123 pour moyenne annuelle des premiers, 62 pour les seconds ; il reste 180 jours nuageux.

Les 20e et 21e tableaux contiennent le nombre des jours pluvieux de chaque mois : moyenne annuelle 74. Poitevin a trouvé 82, parce qu'il comptait les moindres pluies. Le nombre des jours notablement pluvieux serait de 41 selon Murat. Ces 41 jours de pluie ne peuvent pas rendre bien humide un territoire d'ailleurs sec et aride, où il n'y a pas 75 jours sans soleil et dont la température est assez élevée. Ajoutez-y l'influence des vents secs qui, succédant à de légères pluies, en détruisent immédiatement tout l'effet.

Le tableau suivant concerne la glace, la neige, la gelée blanche et le givre, c'est-à-dire cette gelée en forme d'aiguilles qui brûle les bourgeons. — Sur les douze années considérées, une seule (l'an VII) n'a pas eu de neige ; et deux fois (l'an III et l'an IV) l'épaisseur de la neige tombée a atteint 18 pouces.

Relativement aux brouillards, les tableaux 23 et 24 montrent qu'ils sont plus nombreux en été qu'en hiver, en automne qu'au printemps. Ceux du soir sont près de six fois plus rares que ceux du matin.

Les tableaux 25 et 26 donnent le nombre des jours de vent, et la classification des vents, avec leur nom vulgaire, et leur fréquence relative. C'est une étude très intéressante, sur laquelle nous reviendrons.

Quant aux orages, la période étudiée par Murat en a fourni 17 par an. La moyenne annuelle des grêles a été 2 ; le plus souvent, la grêle était mêlée à une abondante pluie qui en atténuait les effets.

Les tableaux 27, 28, 29 sont surtout médicaux : ils ont pour objet la comparaison des maladies régnantes avec les saisons et les vicissitudes atmosphériques, en un mot l'étude de la constitution médicale, particulièrement pour l'année 1806. Les tableaux suivants intéressent plutôt la statistique : ce sont des documents concernant la population, les naissances, les mariages, les décès, etc. — Ce travail, très soigné, méritait d'être continué. Il est fâcheux que Murat ait trouvé si peu d'imitateurs.

La *Statistique du département de l'Hérault* publiée en 1824 par Hippolyte Creuzé de Lesser, fils du préfet de ce nom, contient sous le titre de *Météorologie* d'intéressants détails sur la pression atmosphérique, la température de l'air, les vents dominants dans les divers mois, la pluie et sa répartition mensuelle, enfin les époques de la végétation à Montpellier. Les données numériques ont été prises dans les Ephémérides de Méjan (1806-1817), bien qu'il n'y soit pas nommé. Malgré quelques erreurs de chiffres [1], on reconnaît que, pour la pluie, les nombres sont en réalité ceux des tableaux de Méjan (empruntés eux-mêmes à Poitevin de 1806 à 1812).

Les observations de la température et du baromètre embrassent

[1] En 1806, au lieu de 24 pouces 3 lignes de pluie, il faut lire probablement 26 P. 3 l. Comparez avec les observations de Poitevin et de Méjan dans l'ouvrage cité de M. Raulin, pag. 343.

la même période 1806-1817 et sont aussi empruntées à Méjan. Enfin elles sont comparées à des observations faites à Lodève par le Dr Savy et qui donnent une idée de la différence du climat entre le nord et le sud du département.

Le changement de calendrier en l'an XIV (1806) forme, comme nous l'avons dit, la ligne de démarcation entre les observations de Méjan résumées et discutées par Murat et celles du même observateur reproduites dans la *Statistique*. On pourrait les réunir dans une série unique, en ayant soin de recourir aux tableaux originaux de Méjan, et non aux reproductions qui en ont été faites et qui les ont défigurées par des fautes de transcription.

Voici, d'après la *Statistique*, le total annuel et les moyennes mensuelles de pluie pour cette période.

Pluie par année.

ANNÉE	PLUIE	JOURS PLUVIEUX	ANNÉE	PLUIE	JOURS PLUVIEUX
1806	711	83	1812	684	62
1807	467	55	1813	606	56
1808	1122	79	1814	591	72
1809	573	74	1815	516	66
1810	851	76	1816	457	64
1811	1140	69	1817	550	55
			Moyenne	689	68

Moyennes mensuelles.

MOIS	PLUIE	JOURS PLUVIEUX	MOIS	PLUIE	JOURS PLUVIEUX
Janvier...	56	6	Juillet...	32	5
Février...	41	4	Août....	30	4
Mars.....	50	5	Septemb.	117	6
Avril.....	44	7	Octobre .	108	8
Mai.....	56	7	Novemb.	62	5
Juin.....	48	7	Décemb..	42	4

Moyennes par saisons.

SAISONS	PLUIE	JOURS PLUVIEUX
Hiver.....	139	14
Printemps.....	150	18
Été.....	109	16
Automne.....	288	20

Parmi les météorologistes postérieurs à Méjan, nous trouvons le Dr Roubieu, habile botaniste, mort en 1834, prosecteur de la Faculté de Médecine, président de la Société d'histoire naturelle de Montpellier, dont les observations (thermomètre, baromètre, pluie) ont paru par tableaux mensuels dans les *Bulletins de la Société d'agriculture de l'Hérault*, tom. XI à XVI, et s'étendent de 1823 à 1829.

Voici pour la pluie les résultats annuels (*Bulletin* d'octobre 1837):

1823.....	1m,058
1824.....	0m,647
1825.....	0m,823
1826.....	1m,247
1827.....	1m,144
1828.....	0m,693
1829.....	1m,130
moyenne.....	0m,963

Ces quantités de pluie sont très fortes et comparables à celles du Jardin des Plantes, ce qui semble indiquer que Roubieu observait dans un quartier bas de la ville et avec un instrument de grande dimension [1].

On doit à Gergonne [2], professeur de physique à la Faculté

[1] Il habitait sur le haut de la Blanquerie, à gauche en descendant (Quissac).

[2] Joseph-Diez Gergonne, né à Nancy le 19 juin 1771, mort à Montpellier le

des Sciences, un grand nombre d'observations météorologiques, que l'on trouve résumées dans ses *Annales de Mathématiques*, tom. XVIII et suivants. Elles s'étendent de 1818 à 1829, et embrassent le thermomètre, le baromètre et l'hygromètre. L'appartement où il observait est au premier étage, rue Saint-Sacrement, n° 20. L'altitude du baromètre était $39^{m},25$ d'après un nivellement fait par les officiers du génie, et $39^{m},50$ d'après la comparaison d'observations barométriques faites à Cette. Nous n'utiliserons pas les observations thermométriques : bien que l'instrument fût exposé au N.N.E., la position de la maison et les observations elles-mêmes montrent que ces températures diffèrent trop de celles qu'on aurait observées dans un lieu découvert.

Pour la pression atmosphérique au contraire, nous savons que le baromètre avait été vérifié avec soin et comparé à celui de l'observatoire de Paris. Quant à l'exactitude des mesures, le nom de l'auteur est une garantie suffisante de la précision mathématique qu'il y apportait. Elles ont cet avantage que, dit Gergonne lui-même, « l'on saura bien positivement avec quels instruments elles ont été faites et comment ils étaient placés, condition indispensable pour qu'on puisse tirer parti de ces sortes d'observations et qui n'en est pas moins fréquemment négligée. Je les donne d'ailleurs avec d'autant plus de confiance que je les ai toutes faites et calculées moi-même ; ce qui n'arrive pas toujours, même dans les grands établissements scientifiques, où l'on abandonne trop souvent ce fastidieux travail à des subalternes, qui n'ont aucun intérêt à y apporter le soin nécessaire et qui remplacent même quelquefois par des observations simulées les observations effectives qu'ils ont négligées ».

Avec les chiffres de Gergonne nous avons construit le tableau suivant, qui donne pour chacune des douze années 1818-1829 la hauteur moyenne du baromètre, sa plus grande et sa plus petite hauteur et l'étendue des oscillations.

4 avril 1859. Voyez pour sa biographie P. Gervais (*Acad. de Montp.*, tom. IV, pag. 301), Bouisson (*Montpellier médical*, août 1859), Lafon (*Mémoires de l'Académie de Stanislas* à Nancy).

Toutes les observations ont été réduites à la température zéro. Il y a eu interruption en septembre 1819. Pour la hauteur moyenne barométrique du jour, Gergonne a pris la moyenne de deux observations faites l'une de 5 à 9 heures du matin, la seconde de 9 à 11 heures du soir. Cette dernière coïncidant avec un maximum, la moyenne calculée doit surpasser un peu la véritable moyenne.

BAROMÈTRE

Résultats par années (1818-1829)

ANNÉE	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	ÉTENDUE DES OSCILLATIONS
1818	759,6	771,5	739,1	32,4
1819	58,3	71,9	39,1	32,8
1820	58,6	70,1	41,5	28,6
1821	59,7	78,8	29,3	49,5
1822	60,3	72,6	40,5	32,1
1823	58,1	72,1	21,3	50,8
1824	59,4	72,1	36,8	35,3
1825	59,9	74,5	35,7	38,8
1826	58,9	71,4	40,1	31,3
1827	58,4	71,1	37,9	33,2
1828	58,1	71,6	34,5	37,1
1829	57,4	70,3	39,3	31,0
Moyenne....	758,9	772.3	736,3	36,0
Maximum...	760,3	778,8	741.5	50,8
Minimum ...	757,4	770,1	721,3	28,6

La plus grande hauteur observée a été 778,82 le 6 février 1821; la plus petite 721,28 le 2 février 1823 : différence $57^{mm},54$. Réduites au niveau de la mer, elles répondent à 782,82 et 725,02. Ce sont des cas réellement extraordinaires, puisque, en les mettant de côté, on ne trouve dans ces douze ans pour maximum que 774,46 et pour minimum 729,27. Notre série de la Faculté n'a pas fourni d'extrêmes aussi prononcés : on y trouve 774,2 et 732,0 répondant à 779,8 et 737,6 au niveau de la mer : la différence est $42^{mm},2$ seulement.

Cette hauteur barométrique 778,82, observée par Gergonne le 6 février 1821 à Montpellier (altitude 39^{m},25), et qui au niveau de la mer répond à 782,82, est exceptionnelle et ne s'est reproduite depuis lors que le 16 janvier 1882. Il faut pour cela un état atmosphérique tout particulier, s'étendant à la France entière et se continuant pendant une longue durée.

Ainsi, en 1821, ce régime de fortes pressions dura plus d'un mois. Le maximum eut lieu aussi le 6 février à 9 heures du matin à l'observatoire de Paris et fut 780,90, ou au niveau de la mer 787,52 (V. Renou. *Comptes rendus*, tom. XCIV, pag. 180, 469).

Le 17 janvier 1882 à 10 heures du matin, le baromètre atteignit à Paris 782,13 au Parc Saint-Maur (alt. 49^{m},3), ce qui revient à 786,92 au niveau de la mer, nombre peu différent du précédent. Cette fois encore, le baromètre se maintint plus d'un mois à une hauteur exceptionnelle.

A Montpellier, le maximum a eu lieu, non le 17, mais le 16 janvier, à 10 heures du matin : ce maximum à la Faculté des Sciences (alt. 41^{m}) a été 780,5 (réduit à zéro) et par suite 784,5 au niveau de la mer : c'est un peu moins qu'à Paris. Le lendemain à la même heure, il s'élevait encore à 780 (soit 784). Ici le régime des fortes pressions avait commencé dès le 4 novembre 1881, et il a régné particulièrement du 26 décembre au 14 février suivant ; il n'a cessé que le 25 février. Durant tout ce temps, il y a eu de la sécheresse et un beau temps exceptionnel.

A Alais, d'Hombres-Firmas trouva, le 6 février 1821, 782,63 au niveau de la mer. Son fils, le 17 janvier 1882, à 10 heures du soir, observa 768,50, soit 781,32 au niveau de la mer (V. Viguier. *Comptes rendus*, tom. XCIV, pag. 815).

Entre les deux époques 1821, 1882, et même antérieurement depuis deux siècles que l'on observe à Paris, le baromètre n'a pas atteint cette hauteur 787, et ne paraît même pas avoir guère dépassé 785. Les deux plus fortes pressions depuis 1821 ont été à Paris (V. Renou. *Loc. cit.*) à l'Observatoire :

Le 11 février 1849, 778,56, soit au niveau de la mer 785,26.

Le 18 janvier 1859, 778,58, soit au niveau de la mer 785,08;

Le 10 janvier 1859, à la Faculté des Sciences de Montpellier (alt. 58m,7), le baromètre à midi et à 4 heures du soir est monté à 774,2 (à zéro), ce qui équivaut à 779,90 au niveau de la mer.

Le 28 décembre 1879, à midi, chez moi (alt. 53m environ) la hauteur barométrique a été 775,9, qui, corrigée, donne au niveau de la mer 779,6.

On voit que les maxima extraordinaires, tels que ceux de 1821 et 1882, atteignant à Montpellier 783 ou 784, surpassent notablement les grands maxima tels que ceux de 1859 et 1879, qui n'ont pas atteint 780; de même à Paris, où ils présentent un excès de 2mm environ. Il semble de plus qu'à Montpellier les uns et les autres sont au-dessous des maxima correspondants de Paris de plusieurs millimètres (2 à 5).

La plus petite hauteur observée par Gergonne a été 721,28 le 2 février 1823, ce qui, au niveau de la mer, répond à 725,02. A la même époque, à Alais, d'Hombres-Firmas observait 713,21 à l'altitude de 131m,6, ce qui donne au niveau de la mer une hauteur 725,08 presque identique.

BAROMÈTRE

Résultats par mois (1818-1826)

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	ÉTENDUE DES OSCILLATIONS
Janvier.....	760,8	774,5	739,8	34,7
Février.....	61,2	78,8	21,3	57,5
Mars.....	59,1	72,7	40,1	32,6
Avril.....	57,6	68,1	39,1	29,0
Mai.....	57,9	70,4	46,7	23,7
Juin.....	59,0	69,1	49,8	19,3
Juillet.....	59,1	64,2	48,7	15,5
Août.....	59,3	66,3	50,2	16,1
Septembre...	59,6	65,7	48,9	16,8
Octobre.....	58,2	69,4	37,1	32,3
Novembre....	59,6	68,8	39,8	29,0
Décembre....	59,0	71,3	29,3	42,0

Le tableau ci-dessus donne par mois les hauteurs barométriques

moyenne, maximum et minimum, pour la période de neuf ans 1818-1826.

Prenant les moyennes par saisons, on trouve :

Hiver	760,4
Printemps	758,2
Eté	759,1
Automne	759,1

Les plus fortes oscillations ont eu lieu en décembre, janvier et février; leur amplitude diminue de mars à juillet et augmente brusquement en octobre. Les plus grandes hauteurs ont eu lieu en décembre, janvier, février, mars ; les plus faibles en décembre et février. L'hiver est l'époque des grandes oscillations, mais en moyenne le baromètre s'y tient plus élevé que dans les autres saisons.

La hauteur *moyenne* annuelle des douze ans a été 758,90, qui répond à 762,64 au niveau de la mer. Les observations de la Faculté donnent, pour la moyenne à *midi* réduite à ce même niveau, 762,56. La différence est insignifiante, d'autant plus que les heures d'observation de Gergonne ont dû lui donner une moyenne un peu trop forte, comme on l'a déjà dit.

Nous avons reproduit dans le tableau VII de notre *Résumé général*[1] des observations pluviométriques faites de 1835 à 1850 par Castelnau[2] dans le jardin qu'il habitait sous le Peyrou, boulevard Saint-Guilhem, n° 2, à côté de la Banque de France (altitude 43m environ). Elles donnent une moyenne très faible, 669 millimètres seulement, tandis que les observations de Poitevin (1767-

[1] *Résumé général des observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier de* 1857 *à* 1867 (*Bulletin météorologique de l'Hérault*, années 1873 et 1874).

[2] Junius Castelnau, conseiller à la Cour, né et mort à Montpellier (1795-1855), auteur du *Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier*. Voir en tête de ce Mémoire une notice sur la vie et sur les ouvrages de J. Castelnau, par Eugène Thomas, qui l'a publié en 1858, en y joignant une Notice sur la Société des Sciences et Belles-Lettres de la même ville.

1791) donnent 785, et nos observations de la Faculté (1857-1867) 865. Il est vrai que cette dernière période a été généralement humide et que celle pendant laquelle a observé Castelnau a été marquée au contraire par une sécheresse exceptionnelle de 1837 à 1839. Néanmoins nous attribuons ces discordances à ce que son jardin est un peu abrité, mais surtout aux trop petites dimensions de son pluviomètre. Celui de Poitevin avait un pied carré d'ouverture, soit 1055 centimètres carrés; le nôtre, à la Faculté, un mètre carré ou 10000 centimètres carrés; celui de Castelnau n'en avait pas 150. De plus, il est vraisemblable qu'il négligeait les petites pluies, sans quoi l'on ne trouverait pas dans une période de seize années huit mois entièrement privés d'eau. Il s'est d'ailleurs glissé quelques erreurs dans ses relevés. Pour ces diverses raisons, cette série, intéressante par sa durée, ne peut être comparée aux autres d'une manière absolue.

On voit que les observations ne manquent pas à Montpellier, mais le plus grand nombre ne sauraient être utilisées, soit qu'elles ne nous aient pas été intégralement conservées, ou qu'elles n'aient pas été assez prolongées, soit enfin qu'elles ne soient pas comparables entre elles, eu égard aux conditions où elles ont été faites, ou que ces conditions soient restées inconnues. Ce doit être un avertissement pour les personnes qui veulent consacrer utilement quelques loisirs à la climatologie. En outre, les observateurs consciencieux ne sauraient trop se tenir en garde contre les fautes de lecture et les erreurs de transcription.

Legrand [1], professeur d'astronomie à la Faculté des Sciences, de 1837 à 1868, a fait à Montpellier des observations très nombreuses et très soignées, particulièrement de la température de l'air observée dans toute espèce de conditions. Malheureusement, il n'en a publié qu'un fort petit nombre, et il n'a pas été possible de tirer de ses manuscrits des résultats précis et d'utiliser ses laborieuses recherches.

[1] Jean-Nicolas Legrand, né à Bouvellemont (Ardennes) le 9 janvier 1796, mort à Montpellier le 1er mai 1871.

Les Bulletins de la Société d'agriculture contiennent ses observations du thermomètre et de l'udomètre, faites de 1838 à 1840. Les tableaux sont complets et bien ordonnés : ils donnent la pluie pour chaque jour et non le total du mois. On peut s'en servir pour rectifier les autres observations de cette époque. Ainsi, en octobre 1839, la pluie mesurée par Legrand est 233^{mm}, Castelnau donne 409 ; un pareil écart est impossible. Il faut lire probablement 209 et réduire à 706 le total de l'année 1839 dans le tableau de Castelnau. Legrand avait observé de 1837 au milieu de 1839 dans le jardin n° 6 de la rue de la Merci, tout près du jardin Castelnau, dans des conditions analogues, à une altitude peu différente de 43^{m}. Mais alors il était à Boutonnet[1] ; l'altitude était à peu près la même, et la distance n'était pas telle qu'on puisse admettre une aussi grande différence pour un mois même très pluvieux, comme le fut octobre 1839. L'udomètre de Legrand, ainsi que celui de Castelnau, était très petit : le diamètre du cercle d'ouverture ne dépassait pas 12 ou 15 centimètres. En novembre, les tableaux de Castelnau donnent 147^{mm} d'eau, nombre exactement emprunté aux observations de Legrand.

On trouvera aussi des documents intéressant notre climat dans l'*Annuaire* de l'Hérault, années 1828 et suivantes. Dans celui de 1835 on lira avec intérêt l'article intitulé : « Notions sur la météorologie et sur la constitution physique des habitants de l'Hérault », par Eugène Thomas, archiviste du département[2].

Il a été fait de 1831 à 1847 dans la campagne Vialars, à l'Aigue-Longue, des observations sur les vents, la quantité de pluie, la température, et leurs effets sur la végétation ; mais elles n'ont pas été publiées[3].

[1] M. Legrand a habité diverses maisons à Boutonnet, notamment en 1839 et 1840 le jardin Clavel, en 1844 la maison Alliès, en 1849 le grand jardin Pagézy (aujourd'hui englobé dans l'enclos des Carmélites), et depuis 1850 jusqu'à sa mort une maison située vis-à-vis du couvent du Refuge (aujourd'hui n° 65, rue Lakanal). A. R.

[2] Voir l'*Essai historique et descriptif sur Montpellier*, du même auteur, et son Introduction au *Dictionnaire topographique du département de l'Hérault*, 1865.

[3] Ces cahiers d'observations, dressés par M. D. Vialars, sont encore à Méric entre les mains de M^{me} Gaston Bazille. A. R.

La Société d'agriculture de l'Hérault, fondée en 1807, publie depuis lors des *Bulletins*, où elle a toujours accueilli les recherches relatives à la météorologie. On y trouve de nombreux renseignements sur le froid, les gelées tardives ou précoces, les grandes chaleurs, sécheresses et autres intempéries intéressantes pour les agronomes. Le *Bulletin* de septembre 1824 contient un mémoire sur le climat de Montpellier, par Marcel de Serres [1], avec le résumé des observations barométriques et thermométriques faites en 1819.

On y trouve également, sous le titre d'observations agricoles et météorologiques, de très bonnes observations du Dr Touchy, naturaliste [2], conservateur de botanique à la Faculté de médecine, faites de 1838 à 1842 à sa campagne, à 3 kilomètres S. O. de la ville. Elles concernent la pluie, les vents, la gelée, la sécheresse et leur influence sur l'état des récoltes. Elles ont été continuées ultérieurement et méritent d'être proposées comme modèle aux agriculteurs, qui pourraient sans beaucoup de peine recueillir des documents profitables à l'agriculture autant qu'à la climatologie.

Il en est de même des observations du Dr Léon Brousse, agrégé de la Faculté de Médecine, faites dans sa maison, boulevard Jeu-de-Paume, et insérées dans les *Bulletins* et dans le *Journal de Médecine pratique*, tom. XIII et suiv. [3]. Le thermomètre, abrité par une persienne, était exposé au nord sur la terrasse. L'altitude du baromètre était 42m. — Les observations de pluie se faisaient au Jardin des Plantes, au milieu de la partie réservée, vis-à-vis de l'orangerie. L'ouverture du pluviomètre était un carré de 40 centimètres de côté.

[1] Marcel de Serres, né et mort à Montpellier (1780-1862), conseiller à la Cour et professeur à la Faculté des Sciences, inaugura ici l'enseignement de la géologie et l'étude des terrains de notre région. Voir P. Gervais (*Acad. de Montp.*, tom. V, pag. 303) et de Rouville (*Eloge de Marcel de Serres* prononcé à la séance de rentrée des Facultés, 1863).

[2] Son père André-Antoine Touchy, de la Société royale, auteur d'une description physique et géologique du département de l'Hérault, *Soc. libre*, tom. III.

[3] Cette maison portait alors le nº 9, aujourd'hui le nº 24, au coin de la rue Jeu-de-Paume. Voir *Journal de la Société de médecine pratique de Montpellier* tom. XIII, pag. 159). A. R.

Le 5 avril 1837, P. Dupin, ancien banquier, membre très zélé et secrétaire de la Société d'Agriculture, lut à la Société un Mémoire sur le changement et la détérioration du climat, imprimé dans le *Bulletin* d'octobre 1837. Nous allons analyser ce travail intéressant par les questions qu'il soulève et par l'esprit judicieux dont l'auteur y fait preuve.

Quelques savants ont cru trouver la preuve d'un changement appréciable de notre climat, soit pour la pluie, soit pour la température, dans l'étude de documents historiques ou dans la comparaison d'observations éloignées : les uns et les autres sont insuffisants pour établir un fait aussi important. Les seules variations qu'on ait pu constater sont fort peu étendues et dépendent de l'action et du travail de l'homme dans certaines localités.

Quant à l'*humidité* d'un climat, Dupin remarque qu'elle ne dépend pas seulement de la quantité de pluie qui y tombe annuellement, mais du nombre des jours de pluie ; ce qui est tout différent et quelquefois opposé, si bien qu'on pourrait dire jusqu'à un certain point que l'humidité d'un pays est en raison inverse de la hauteur d'eau qu'il reçoit. Ainsi Paris est plus humide que Montpellier, où il tombe beaucoup plus d'eau, mais où le nombre des jours de pluie est beaucoup moindre. Ce nombre, estimé à 82 par Poitevin, est réduit à 68 par Roubieu et tombe même à 50 dans quinze années d'observations de Touchy. C'est que ce dernier, se plaçant au point de vue purement agricole, n'estime jours *pluvieux* que ceux où la pluie est assez abondante pour interrompre les travaux des champs. Il y a beaucoup d'arbitraire dans l'évaluation du nombre des jours de pluie, et il n'est pas possible de tirer une conclusion positive de la comparaison des nombres dus à des observateurs différents.

Relativement à la quantité totale d'eau, Poitevin avait cru trouver dans ses propres observations l'indice d'une diminution ; mais en les étudiant avec soin on reconnaît qu'il n'en est rien. Si l'on partage en groupes la série entière de Poitevin, on a pour moyenne annuelle :

1767-1774.....	790	millimètres.
1775-1782.....	708	—
1783-1791.....	856	—
1796-1803.....	719	—
1803-1812.....	795	—

La moyenne des trois premiers groupes est 785 ; la moyenne générale est 774; les trente-deux premières années donnaient 765. Rien n'indique dans ces nombres une tendance à la diminution : leurs écarts par rapport à la moyenne sont tantôt en plus, tantôt en moins, et tiennent à l'irrégularité de notre régime pluvial, où des périodes de sécheresse alternent avec des années très humides. Poitevin s'est laissé entraîner par une idée dont il était préoccupé, l'influence des défrichements et de la destruction des bois aux environs de Montpellier.

Les observations plus récentes ne confirment pas davantage une diminution de la quantité de pluie. Celles de Roubieu donnent un nombre plus fort, 963 ; les nôtres ont donné 865. Celles de Castelnau donneraient, il est vrai, 669 seulement: mais cela tient, ainsi que nous l'avons dit, à ce qu'il employait un pluviomètre trop petit et dans un jardin abrité.

De tout temps, en Provence comme en Languedoc, on s'est plaint de la sécheresse,qui est fréquemment contraire aux récoltes. C'est pendant les années sèches que se renouvellent ces doléances; il n'en est plus question quand surviennent des pluies persistantes, souvent aussi nuisibles à l'agriculture que les fortes sécheresses.

C'est aussi une opinion répandue que le déboisement du sol a modifié les températures, bien qu'on ne soit pas d'accord sur la nature de cette modification. Les uns estiment qu'il en doit résulter une égalisation du climat, les hivers devenant moins rigoureux et les étés moins chauds ; d'autres ont soutenu la thèse opposée. Et il se pourrait bien que, suivant la configuration et la nature du sol, les déboisements eussent produit des effets différents dans les divers pays et à des latitudes différentes.

Il semble établi que le déboisement d'une contrée y rend les

pluies plus rares et plus intermittentes. Le sol dénudé s'échauffe davantage sous l'action directe du soleil et donne naissance à des courants ascendants qui paraissent s'opposer à la condensation des vapeurs.

Ce qui n'est pas contestable, c'est l'influence du déboisement des montagnes et du défrichement des garrigues sur le régime des eaux courantes. A la suite de ces altérations de la surface, l'eau de pluie est immédiatement absorbée par la terre végétale du sol cultivé ; et d'autre part elle s'écoule le long des rochers mis à nu. Il en doit résulter un changement dans le cours des ruisseaux qui entretiennent les sources et alimentent les rivières. Dans les pays de montagnes surtout, ces effets se manifestent d'une manière fâcheuse, et l'on cherche avec raison à y remédier.

Dans notre région, malgré les défrichements assez considérables effectués depuis deux siècles et surtout au commencement de celui-ci, on ne saurait dire que la sécheresse ait sensiblement augmenté. Il est certain que de 1616 à 1836 la fontaine de Saint-Clément n'a pas subi de décroissement [1], ni même les eaux du Lez depuis plus d'un siècle. Les assertions émises sur un changement général ou une simple détérioration de notre climat sont un pur préjugé, conséquence d'un système préconçu ou d'aperçus vagues que l'observation directe et rigoureuse ne confirme point.

Dupin eut bientôt l'occasion de vérifier la justesse de ses idées, au moment de la grande sécheresse qui régna à Montpellier en 1837, 1838 et jusqu'en septembre 1839. Les quatre années 1835-1838 furent, quant à la pluie, bien au-dessous de la moyenne, comme on le voit dans les tableaux de Castelnau. En 1835, les six mois consécutifs février-juillet ne donnèrent que 150^{mm}. En 1836, juillet et décembre furent sans eau. En 1837, les huit mois mai-décembre fournirent seulement 92^{mm}. L'année 1838 donna un peu plus d'eau, mais la fin de l'année fut encore sèche, car les sept derniers mois n'atteignirent pas 150^{mm}.

[1] Voir *Bulletin de la Société d'agriculture*, 1833 ; et Lenthéric, *Rapport sur le concours pour une nouvelle distribution des eaux de Saint-Clément à Montpellier*, 1837, pag. 22-23.

Cette prodigieuse absence de pluie en automne et en hiver continua dans les premiers mois de 1839, sauf le mois d'avril, qui donna 40^{mm}. En été, la sécheresse fut portée à son comble et devint une véritable calamité. On le concevra facilement en remarquant que, du mois de juin 1838 au 26 septembre 1839, c'est-à-dire dans un intervalle de seize mois, le total de la pluie ne dépassa pas 270^{mm} (Castelnau), circonstance qui ne s'est présentée dans aucune autre période.

Le 26 septembre au soir, la pluie commença à tomber par un orage du sud-est ; elle dura jusqu'au 30, donna en quatre jours 47^{mm} et pénètra à 50 centimètres de profondeur dans les terres cultivées. En octobre, il y eut près de vingt jours pluvieux, ce qui dérangea beaucoup les vendanges et les semailles ; la quantité d'eau fut de 233^{mm} (Legrand). En novembre, elle fut 147 et en décembre 133 ; total de l'année 684, ou à peu près la moyenne.

Ainsi finit cette sécheresse qui avait tant fait crier au changement de climat. Dès le mois d'août, Dupin (*Bulletin* de 1839) avait expressément fait remarquer qu'on devait prévoir de fortes pluies pour la fin de l'année, sans quoi la persistance de la sécheresse eût été absolument sans exemple à Montpellier. Or les variations des saisons ne sont que des oscillations autour d'une certaine moyenne, et, après une suite d'années remarquables par la rareté des pluies, on est fondé à annoncer le retour d'une période humide.

M. Marié-Davy a inséré dans les *Bulletins* de la Société d'agriculture quelques tableaux mensuels d'observations faites à la Faculté des Sciences en 1846 et 1847 sur le thermomètre, le baromètre, l'hygromètre, les vents. Nous citerons aussi ses «*Considérations sur le climat de Montpellier*» (1851), où il reprend la thèse de la variation de ce climat, mais sans apporter aucun argument nouveau.

Pour ce qui est de la température, il compare les mesures thermométriques de Badon, de Mourgue et de la Statistique ; seulement, au lieu d'opérer sur les observations mêmes, il leur substitue la température moyenne, qui est, dit-il, la moyenne entre le maxi-

mum et le minimum observés chaque jour. Or, à cette époque, où l'on n'avait pas de thermomètre à maxima et minima, la température moyenne ne peut être que la moyenne d'observations faites le matin et le soir, à des heures arbitraires, quelquefois non désignées et variables suivant l'observateur. Il n'y a donc rien à tirer de la comparaison de ces prétendues températures moyennes.

Quant à la pluie, cette assertion que «notre climat va se desséchant chaque jour» n'est appuyée que sur la comparaison des observations de Poitevin avec celles de Castelnau, dont la moyenne est, en effet, bien inférieure. Mais les nombres de Castelnau doivent être au-dessous de la réalité, parce qu'il se servait d'un instrument insuffisant et ne pouvait mesurer les très petites quantités d'eau. En outre, dans cette période 1835-1850, il s'est rencontré une sécheresse extraordinaire; et les observations postérieures ont donné un résultat tout différent, supérieur même à la moyenne de Poitevin.

Dans le travail de M. Marié se trouvent réunies en tableaux les quantités de pluie mesurées à Montpellier depuis 1767. Malheureusement, beaucoup d'erreurs s'y sont glissées, surtout dans les observations faites à l'époque du calendrier républicain. Les mois républicains ont été confondus avec les mois grégoriens. De plus, pour éviter de recalculer le total de l'année, il a reporté les mois de vendémiaire, brumaire et frimaire à la fin de chaque année suivante, de sorte que dans le tableau VIII (1796-1802) ces trois mois n'ont pas le moindre rapport avec la réalité, pas plus que le total de l'année.

Enfin, en reproduisant les observations de pluie (1806-1817) de la Statistique, non seulement M. Marié n'a pas remarqué que les sept premières années étaient empruntées aux Poitevin, mais il a pris une échelle inexacte dans la conversion des anciennes mesures en millimètres, $1^{\text{ligne}} = 1^{\text{mm}},92$, je ne sais pourquoi, au lieu de $1^{\text{ligne}} = 2^{\text{mm}},256$, et divisé par 10 pour prendre la moyenne de 12 ans. Ses nombres sont donc à la fois inexacts et discordants. Puis, s'étant aperçu que les quantités annuelles de pluie étaient trop faibles, il propose de les multiplier par 1,15, «afin de les rendre

plus comparables aux nombres obtenus par Poitevin»[1]. Ces négligences de l'auteur, dues à la précipitation avec laquelle il rédigea sa thèse, sont d'autant plus regrettables que ses tableaux ont servi de base à plusieurs travaux, estimables d'ailleurs, publiés depuis lors. Aussi ne saurait-on trop s'astreindre dans les recherches de ce genre à remonter aux sources originales : même avec cette précaution les erreurs sont difficiles à éviter.

Dans sa *Clinique médicale* [2], le Dr Rodrigues a consacré au climat de Montpellier un chapitre important qui contient, outre ses propres observations, un résumé très développé des travaux antérieurs sur le même sujet. Ses éphémérides embrassent les douze années 1840-1851 et contiennent des indications sur les principaux phénomènes météorologiques survenus dans cette période, même sur ceux qui n'ont pas de relation directe avec les faits médicaux.

Relativement à la température, H. Rodrigues a reproduit deux tableaux empruntés à M. Marié et résumant 15 années de Badon (1757-1771) et 14 années de Mourgue (1772-1785). Nous avons dit plus haut pourquoi ces tableaux sont sans valeur, les nombres qu'ils contiennent ne pouvant être considérés comme représentant la température moyenne.— Un troisième tableau résume les observations de Méjan (1794-1805) ; il a été construit avec l'ouvrage de Murat, mais il y aurait à vérifier si le passage du calendrier républicain au calendrier grégorien a été fait avec le soin convenable. — Le quatrième tableau a été composé avec les éléments donnés dans la *Statistique*, résumant, comme je l'ai dit, les observations de Méjan (1806-1817).

Le cinquième tableau est plus important, puisqu'il contient les observations de l'auteur lui même. Elles ont été faites dans le

[1] La vraie correction relative à la valeur exacte de la ligne serait 1,175.

[2] *Clinique médicale de Montpellier*, par le docteur Hubert Rodrigues, agrégé de la Faculté de médecine, 1855. — Cet ouvrage est divisé en quatre chapitres traitant : de la clinique, des constitutions médicales en général, de la constitution médicale des années 1840-1851 ; du climat de Montpellier. Il est suivi d'une esquisse de l'histoire de Montpellier et d'une statistique de la population.

jardin de l'hôtel Joubert, rue du Trésorier de la Bourse, nº 4, au centre de la ville.

Les températures extrêmes qu'il a constatées sont 39° le 3 juillet 1847 et le 15 juillet 1849 et — 9°,1 le 25 décembre 1849. La température moyenne est 13°.

Pour le baromètre, les hauteurs du mercure ne paraissent pas avoir été corrigées de la température ; même réduites à zéro, elles semblent trop fortes de près d'un millimètre. La plus grande hauteur barométrique observée par Rodrigues est 778 le 30 mars 1841, par un temps serein et le vent S. S. E. La plus petite hauteur est 724 le 25 novembre 1843, à 5 h. du matin, le ciel étant couvert et par une violente tempête.

Passant à la pluie, l'auteur reproduit les anciennes observations de Romieu, J. Poitevin, Poitevin fils et Méjan, de 1766 à 1817, et donne les quantités mensuelles d'eau et le nombre annuel de jours pluvieux. Cette compilation serait précieuse, si Rodrigues en avait emprunté les éléments aux documents originaux, ce que malheureusement il n'a pas fait. Ainsi il dit que les interruptions qui ont eu lieu de 1792 à 1795 dans les observations de Poitevin «ont été remplies par Méjan», mais il n'explique pas d'où il a tiré ces observations de Méjan, lequel, d'après Poitevin (pag. XIV) n'aurait commencé à observer qu'en l'an II. En second lieu, les chiffres de la période 1795-1802 sont empruntés à M. Marié et et par conséquent fautifs. Il en est de même pour le tableau de 1806-1817, résumant les observations de la *Statistique* et où nous avons déjà vu que la conversion en mesures décimales est inexacte.

Quant au tableau de 1835-1851, c'est celui de Castelnau, emprunté à M. Marié et complété par Rodrigues pour 1850 et 1851. Voici ce que l'auteur en dit lui-même : «Ces résultats méritent d'autant plus de confiance qu'ils ont été formés par la réunion des moyennes de mes expériences propres, exécutées dans un jardin situé au centre de la ville, avec les moyennes trouvées par M. Castelnau dans le jardin de sa maison, sur le boulevard de la Banque, et avec celles de M. Albenque prises à l'Ecole de Pharmacie».

Voici, d'après H. Rodrigues, la pluie des deux années 1850 et 1851. On remarquera qu'elle ne s'accorde pas avec Castelnau pour les mois communs.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Total	Jours pluv.
1850	42	20	0	30	50	30	2	20	25	36	18	26	299	43
1851	116	91	85	97	98	32	37	25	11	105	135	52	884	48

La plus grande quantité annuelle d'eau a été 1053^{mm} en 1844, la plus faible 299^{mm} en 1850.

Les mois d'octobre, septembre, novembre et décembre ont donné le maximum de pluie; les mois d'août et juillet, le minimum. — Le nombre des orages a été d'environ 10 par an. — Il a compté 48 jours de vent fort, 52 jours pluvieux par année.

Bien que l'ouvrage de H. Rodrigues laisse beaucoup à désirer à raison du peu d'exactitude des résultats numériques qu'il y a reproduits, on doit regretter que son exemple n'ait pas été suivi. Tel qu'il est, il renferme des renseignements importants. Contentons-nous de citer sa description de l'éclipse totale de 1842, de la trombe de Cette de 1844, et ses études sur les épidémies de grippe en 1831, 1837, 1847, de choléra en 1835, 1849, de suette en 1851, etc.

La connaissance du climat est une introduction indispensable à la clinique, et l'étude des constitutions médicales suppose celle des variations atmosphériques correspondantes. Mais il ne suffit pas pour cela de simples aperçus fondés sur des observations passagères. Si nous avions pour chaque année des éphémérides médicales analogues à celles de Rodrigues, reposant sur des observations, non pas minutieuses, mais régulières, et dues à l'auteur lui-même, notre climatologie serait bien plus avancée et la médecine en profiterait tout autant. Il est regrettable que la seconde moitié de ce siècle ne nous fournisse sous ce rapport que des données insuffisantes.

On doit pourtant à M. Camille Saintpierre un *Essai historique et médical sur les constitutions propres au climat de Montpellier*, 1859 (*Montpellier médical*, tom. II). Il y a résumé tous

les écrits relatifs à ce sujet publiés jusqu'en 1859. La première série s'étend de 1792 à 1797 d'après les cliniques de Baumes, Fouquet et Roucher. La deuxième comprend les années 1802-1817, d'après les Ephémérides de Méjan, le livre de Murat et les thèses des chefs de clinique de Saint-Eloi. La troisième renferme les années 1819, 1820, 1825, 1827, 1828, 1833, 1834, d'après des notices de Meyranx, Fuster, Galet et Dupré. Enfin pour la quatrième série de 1840 à 1851 et au delà, outre le livre d'Hubert Rodrigues, on a les thèses ou mémoires de Vailhé, Barre, Bourely, Bordes-Pagès, Guilland, F. Cazalis, Dupré, Brousse, Quissac, Ressiguier, Fuster, Girbal, Garimond, Courty (1862), Dumas (1854-1868), Espagne... On peut voir encore dans la *Revue thérapeutique du Midi* (1854-1855) des comptes rendus sur le choléra de 1854 à Montpellier et à Murviel. Nous devons signaler aussi une intéressante notice de M. C. Saintpierre, à laquelle nous devons la connaissance de plusieurs des documents que nous avons mentionnés, intitulée : *Revue historique et critique des Documents relatifs à la Climatologie de Montpellier*, avec une bibliographie. 1868 (*Montpellier médical*, tom. XX). Ce météorologiste a fait de 1857 à 1860 des observations ozonométriques dans la maison Villaret, cours des Casernes, n° 26. Il a publié dans le *Montpellier médical* des recherches médicales sur l'ozone et des notes sur la chaleur de juillet 1859 et les froids de décembre de la même année. Avec M. Pécholier il a publié, en 1864, des études sur l'hygiène de quelques professions spéciales à notre pays.

Nous avons fait remarquer précédemment que beaucoup d'anciennes observations n'ont pu être utilisées. De là résultait la nécessité de publier immédiatement un petit nombre de bonnes observations complètes, avec les moyennes et les résumés annuels ; et, en outre, un tableau succinct du temps dans ses rapports avec l'agriculture et la médecine, comme l'avait compris Badon, imité par Méjan et quelques autres. C'est dans ce but que nous avons organisé et publié les observations météorologiques de la Faculté des Sciences. Elles embrassent la période de dix ans 1857-1866 et ont même été continuées en 1867 pour ce qui concerne les

températures maxima et minima et l'état du ciel. Elles ont été publiées *in extenso* dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de Montpellier* et analysées dans les *Bulletins de la Société d'Agriculture de l Hérault*. En outre de ces résumés annuels, j'ai inséré le *Résumé général* dans le *Bulletin météorologique de l'Hérault* (années 1873 et 1874). L'altitude du baromètre était de 58 mètres et celle du pluviomètre de 63 mètres. J'ai fait moi-même des observations comparatives au jardin rue de la Merci, 6, sous le Peyrou (altitude 42 mètres environ) de 1855 à 1861, puis rue Basse, 6 (altitude 53 mètres environ).

Il a été fait à l'Ecole normale d'instituteurs de Montpellier, faubourg Boutonnet (altitude 50 mètres), sous la direction de M. Jullian, des observations udométriques à partir de 1860. Depuis 1865, ces observations comprennent de plus le baromètre, le thermomètre, l'état du ciel. Elles ont même été trihoraires de jour et de nuit en 1866 et 1867, à la demande de l'Observatoire de Paris. Nous les avons utilisées dans nos Résumés.

En 1852, M. Martins avait installé au Jardin des Plantes un ensemble d'observations, principalement pour la pluie et les températures extrêmes de chaque jour. Elles ont donné lieu à diverses publications de ce savant, insérées dans les *Bulletins de la Société d'Agriculture*, dans le *Journal d'Agriculture pratique*, dans les *Mémoires de l'Académie de Montpellier*. M. Martins a résumé ses observations relatives à la pluie dans le *Bulletin météorologique de l'Hérault* (année 1874) et celles relatives à la température dans le tome IX des *Mémoires de la section des Sciences de l'Académie*. Les 26 ans de durée de cette série lui donnent une importance capitale pour la climatologie de notre région. Nous avons comparé ces observations à celles de la Faculté et de l'Ecole normale dans notre Résumé général.

Enfin la Commission météorologique de l'Hérault a dans ces dernières années organisé des observations sur divers points, par les soins de M. Crova, professeur de physique à la Faculté des Sciences, et les a publiées dans ses *Bulletins*. Telles sont celles des stations de la gare de Palavas, de la Citadelle et surtout de l'Ecole

d'Agriculture de Montpellier [1]. Espérons que ces observations ne seront pas inutiles et qu'elles se prolongeront avec assez d'ensemble pour fournir à nos successeurs d'utiles matériaux.

L'étude de notre climat serait incomplète, si on l'isolait des climats environnants. Nous avons cité les observations faites à Béziers sous l'inspiration de Mairan dans la première moitié du XVIII[e] siècle, et particulièrement celles d'Andoque, qui a émis sur les tempêtes et les tourbillons des idées nouvelles (*Histoire de l'Académie*, 1727). Nous avons encore les observations de Baux et Benjamin Valz, faites à Nîmes de 1743 à 1825 et résumées dans la *Statistique du Gard*, et celles de l'Observatoire de Marseille, qui appartient aussi à notre région climatologique. Comme observations plus récentes, nous avons celles de M. Doûmet-Adanson à Cette [1], de M. Crouzat à Béziers, et du D[r] Fines à Perpignan ; ces dernières ont été publiées dans des comptes-rendus annuels. Mais ce sont surtout les observations faites dans les Cévennes qu'il est important de comparer avec les nôtres, et nous avons pour cette région des documents intéressants.

Ainsi de Cabiron observait à la Vallée française (Saint-Etienne de Valfrancesque), village de la Lozère, un peu au-dessus de Saint-Jean-du-Gard, à 65 kilomètres de Montpellier, tout à fait dans la région montagneuse. Les quantités annuelles de pluie y ont été (Poitevin, pag. 116).

1777	1475[mm]
1778	1227
1779	1360
1780	1325
1781	1266
1782	872
1783	1772
Moyenne	1328

[1] Ces dernières sont aujourd'hui continuées sous la direction de M. le Professeur Houdaille. A. R.

Bulletin météorologique de l'Hérault, années 1874 et 1876.

Mouret, à Saint-Jean du Bruel, a trouvé pour moyenne annuelle 1387^{mm}.

On voit par ces chiffres quelle est l'influence des montagnes.

En dehors de cette influence et en des points très voisins de Montpellier, la différence des quantités de pluie est également très notable. Ainsi, à Cette, 17 années de M. Doumet (1854-1870) donnent pour moyenne annuelle 703^{mm}: le maximum est 1131, le minimum 426. A Béziers, la moyenne annuelle ne dépasse pas 610^{mm}, tandis qu'à Montpellier nous l'estimons à 800 environ.

Revenant aux recherches sur le climat des Cévennes méridionales, nous mentionnerons Angliviel, qui a observé dans la profonde vallée de Valleraugue, sur les bords de l'Hérault, au pied des escarpements de l'Aigoual. Mais de tous les observateurs celui qui a le plus fait pour la climatologie de cette région est le baron d'Hombres-Firmas, qui, à partir de 1802 et pendant plus d'un demi-siècle, a observé à Saint-Hippolyte-de-Catou, près d'Alais, au bord du Gardon, sur le versant oriental de l'Aigoual. C'est un disciple de Ramond, le célèbre préfet de Clermont, dont les recherches sur le baromètre sont classiques, mais qui n'a pas moins servi les diverses branches de la météorologie par les faits de tout genre qu'il a recueillis dans les Pyrénées et le Puy-de-Dôme. Grâce à ses relations avec cet habile physicien, d'Hombres-Firmas put se procurer des instruments bien vérifiés. Comme il avait le goût inné de l'observation et les moyens de s'y livrer sans empêchement, il consacra son temps à l'étude des phénomènes de l'atmosphère, principalement dans leur rapport avec l'agronomie. Il eut le mérite d'observer sans idée préconçue, de se soustraire à l'influence des systèmes de Toaldo et autres, sans cependant rejeter de parti-pris aucune théorie. Il a publié un résumé de ses observations [1], et inséré un grand nombre de notes dans les *Mémoires de l'Académie de Nîmes*, des Sociétés d'agriculture du Gard et de l'Hérault, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, dont il était correspondant. Le *Recueil des Bulletins*

[1] *Recueil de mémoires et d'observations de physique, de météorologie, d'agriculture et d'histoire naturelle*, 1838.

de notre Société libre contient deux notes de lui. La première, en commun avec le Dr Pagès (tom. III, pag. 52), est une Relation de la chute de deux aérolithes aux environs d'Alais le 15 mars 1806 ; la seconde (tom. IV, pag. 277) a pour objet la détermination par le baromètre de la hauteur d'Alais au-dessus du niveau de la mer.

A la suite de son *Résumé d'une étude critique sur la grêle*, M. Viguier, dans une intéressante note sur les Cévennes méridionales et sur quelques anciens observateurs de cette région, en a décrit le climat singulier, qui subit à la fois l'influence de l'Océan et de la Méditerranée. La ligne de partage des eaux y sépare deux bassins et en même temps deux climats bien caractérisés par le ciel et la végétation.

Si de la promenade du Peyrou on regarde le Nord, on aperçoit à l'horizon les sommets des hautes Cévennes, parmi lesquels le mont Lozère à 90 kilomètres de Montpellier. Entre le Pic Saint-Loup et l'Ortus on voit les montagnes du Gard. A l'ouest du Saint-Loup, sont les Cévennes de l'Aveyron, d'où se détache la chaîne de la Seranne, le long de laquelle coule l'Hérault à partir de Ganges jusqu'à Saint-Guilhem. A la limite de l'horizon, à une distance de 69 kilomètres, à gauche et tout à côté du Saint-Loup, est le massif de l'Aigoual (altitude 1567 mètres), qui apparaît nettement lorsqu'il est couvert de neige ; et cette neige s'y conserve parfois jusqu'à l'été ; en 1879, elle a persisté jusqu'au 19 juillet, et il en est tombé de nouveau le 24 septembre. C'est sur cette montagne, la plus élevée de nos Cévennes méridionales, que l'Hérault prend sa source et s'écoule par la vallée de Valleraugue. Mais les eaux des versants ouest et nord de l'Aigoual forment des affluents du Tarn et aboutissent finalement à l'Océan. Telle est la région que M. Viguier a étudiée au point de vue de l'orographie et des phénomènes météorologiques qui en dérivent. Il a été ainsi conduit à proposer l'établissement de stations sur l'un des plateaux qui se rattachent à l'Aigoual, ou même sur les montagnes de l'Espérou, du Suquet, du Lengas ou de la Luzette, et mieux encore d'un observatoire régional à la tour de Cassini près de l'*Hort de Diou*,

sur le versant méridional et presque au sommet de l'Aigoual [1]. C'est un point commun aux deux bassins de la Méditerranée et de l'Océan, et l'on y pourrait étudier avec fruit ces courants atmosphériques allant de l'une à l'autre mer, et qui, toujours en lutte, prédominent alternativement l'un sur l'autre.

. . . . . .

APPENDICE

LE RÉGIME DES VENTS A MONTPELLIER.

Le vent est le régulateur des climats. Si l'action du soleil ne changeait pas avec la latitude, la température de l'air ne dépendrait que de la hauteur au-dessus de la surface de la terre, et il pourrait s'établir dans l'atmosphère un équilibre de pression et de température. Mais le soleil agit inégalement sur les divers points de la surface terrestre, et la différence de température qui en résulte rend l'équilibre impossible. Telle est l'origine de ces déplacements d'air qui transportent d'un lieu à l'autre de la chaleur ou du froid, et en même temps de l'humidité dont la condensation ou l'évaporation est elle-même une source de chaleur ou de froid. Si la terre était immobile, ces mouvements atmosphériques s'effectueraient uniquement du pôle vers l'équateur ou de l'équateur vers les pôles. Mais la rotation de la terre vient troubler cette direction : à certaines latitudes elle produit les vents alizés; partout ailleurs, son influence, pour être plus irrégulière, n'en est pas moins sensible.

[1] Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites, le vœu de M. Viguier a été réalisé, même avant sa mort. Une station météorologique a été établie au sommet de l'Aigoual, où s'élève aujourd'hui un grand observatoire, confié à la direction de l'Administration forestière. A. R.

Ajoutez enfin les actions locales dues aux inégalités du sol et de la mer, la présence des montagnes qui arrêtent certains vents ou les dévient, la nature du terrain qui les échauffe, les refroidit ou les dessèche, le voisinage des eaux qui les sature de vapeurs, les courants marins et les glaces polaires qui leur communiquent leur propre température, etc. Tous ces éléments jouent leur rôle dans les grands mouvements atmosphériques, dont la chaleur solaire et la rotation du globe sont les premiers moteurs ; ils contribuent surtout à produire les anomalies caractéristiques des climats. Et c'est pour cela que le régime des vents pour un lieu en constitue presque toute la climatologie. Chaque localité a ses vents dominants ; et ces vents eux-mêmes changent de caractère d'un lieu à l'autre.

Les vents les plus fréquents à Montpellier sont les vents soufflant du nord, tels que N. N. E., N., N. N. O., N. O. et O. N. O. Ils sont secs, et assurent la sérénité du ciel. Plus généralement, on peut dire que la direction S. O. — N. E. est la ligne de démarcation des vents secs et des vents humides.

I. Le N. (tramontane), ordinairement impétueux, souffle par rafales. Il produit en hiver une bise très piquante. En été, il est sec et brûlant, dessèche les blés et fane les plantes ; il dure généralement plusieurs jours de suite.

II. Le N. N. E. (bise ou tramontane basse, aghiélas) diffère peu du précédent. Il est aussi très sec, quelquefois très fort, mais ne reste pas violent plus de trois jours. C'est avec ce vent qu'ont lieu les sécheresses extrêmes. Nous avons observé plusieurs fois, par ce vent-là, un état hygrométrique de 0,16 seulement.

Le caractère commun de ces deux vents tient à ce qu'ils nous arrivent après avoir passé sur les montagnes de la Haute-Loire et de la Lozère, où ils se dessèchent et se refroidissent en hiver. En été, au contraire, ils se réchauffent au contact de ces montagnes, dont le sol dénudé est brûlé par le soleil.

III. Le N. N. O. est plus rare que les précédents, et moins froid en hiver. Il ressemble plutôt au N. O.

IV. Le N. O. (magistral) correspond au mistral de la Provence, mais ici il est moins violent que la tramontane. Quand il n'est pas trop fort, c'est un zéphir frais et agréable. Dans l'été, il vient tempérer les chaleurs excessives, donne du ton à l'organisme affaibli par le marin ; enfin il est salubre parce qu'il chasse vers la mer les émanations des étangs. Lorsque le N. O. succède aux vents d'Est ou du Sud et ramène le beau temps, il est alors très fort.

V. L'O. N. O. répond à peu près au vent connu dans le Narbonnais sous le nom de vent de *Cers*, lequel oscille entre l'O. N. O. et l'O. et balaie le Languedoc de Toulouse à la Méditerranée. C'est le plus violent des vents d'ouest, il souffle parfois en ouragan. Ordinairement froid et sec, il modère la chaleur en été, garantit la sérénité du ciel et la salubrité de l'air. Il est moins fréquent ici qu'à Narbonne, parce que souvent il va se perdre dans la Méditerranée. Mais quand il nous arrive, il est quelquefois persistant.

VI. L'O. pur, beaucoup plus rare, est doux en hiver.

VII. L'O. S. O. (narbonnais) vient des Pyrénées. C'est un vent modéré, assez rare, qui annonce ordinairement un changement de temps vers le couvert.

VIII. Le S. O. (labech) est rarement permanent ; c'est plutôt un vent local, une brise de mer qui ne s'étend pas fort au loin dans les terres et ne dure guère une journée entière, mais peut se reproduire à la même heure plusieurs jours de suite. Il est naturellement un peu humide ; il marque du côté de l'Ouest la transition des vents secs au vent de mer.

IX. Le S. S. O. (garbin, de l'arabe *garb*, couchant) est souvent confondu avec le précédent. C'est encore une brise périodique qui se lève pendant l'été vers neuf ou dix heures du matin, a son maximum vers deux heures et cesse vers cinq heures. Il tempère agréablement la chaleur et rend les après-midi supportables. Quand le S. S. O. se maintient, au lieu de suivre le cours du soleil, il indique l'approche d'un temps pluvieux ou couvert, et le vent revient au S.

X. Le N. E., du côté opposé, forme aussi le passage de la sécheresse à l'humidité. Dès que le vent partant du N. N. E. vient à dépasser le N. E., l'hygromètre marche immédiatement vers l'humide; l'intervalle du N. E. au S. O. comprend donc les vents plus ou moins pluvieux, dits *marins*.

Le N. E., grec (pluie au bec, dit le proverbe), est, avec le S. E., le plus fréquent des vents d'Est. Il n'est pas nécessairement accompagné de pluie, quoique un peu humide.

XI. L'E. N. E. diffère peu du précédent, il porte aussi le nom de grec, et est humide.

XII. L'E. ou levant. Le vent de N. E. passe par l'E. avant d'arriver au marin proprement dit. Lorsque l'E. souffle en automne avec violence, il apporte du Rhône et des marais d'Aigues-Mortes des moucherons en grande quantité.

XIII. L'E. S. E., le plus violent des vents d'Est, renverse les cheminées, aidé par l'humidité. Il est chaud, lourd et pesant et correspond à peu près au vent d'autan de Toulouse.

XIV. Le S. E. marin est chaud en hiver. En été, il produit les effets du *Siroco* de Naples : il relâche les fibres, énerve le corps et ôte l'appétit. Il est surtout pénible dans les chaleurs humides, à la fin d'août. C'est aussi le vent des longues pluies, des fortes averses. Si le temps reste longtemps pluvieux, le vent oscille entre l'E. et le S. E.

XV. Le S. S. E. marin blanc est plus rare ; il diffère peu du précédent. Par les chaleurs il peut avoir pour effet de dessécher les plantes, les récoltes.

XVI. Le S. marin offre les mêmes caractères que le S. E., mais généralement il dure peu. Le temps passe alors au beau, et le vent marin est remplacé par le N. O.

Ainsi se réalise la *rotation des vents*, signalée par Poitevin, en vertu de laquelle les vents de N. ou N. E., s'ils durent quelque temps, ne tendent pas à revenir au N. O., mais bien à passer à l'E. et de là au marin. Le mauvais temps persiste tant que règnent les vents entre E. et S., jusqu'à ce qu'enfin le vent saute brusquement au

N. O.; ou bien, ce qui est plus rare, il y arrive peu à peu par le S. O. et l'O. Avec le magistral, le ciel redevient serein, le baromètre remonte et la température s'abaisse un peu.

Une rotation des vents analogue peut s'opérer dans une journée, et se reproduire quelquefois plusieurs jours de suite : on dit alors que *le vent suit le soleil*. Le vent soufflant du N. le matin tourne à l'E. dans l'après-midi et revient le soir à l'O,, ayant passé par le S. Ces passages plus ou moins brusques d'un vent à l'autre déterminent un changement correspondant dans la température. Les variations subites qui en résultent rejaillissent sur la santé; elles sont quelquefois très considérables à la suite d'un orage d'été ou du passage inattendu d'un marin lourd et chaud au N. O. impétueux et sec. Dans une semaine, quelquefois dans un seul jour, on peut ainsi subir les intempéries des saisons les plus opposées.

Les médecins ont signalé l'influence fâcheuse du N. O. sur les malades atteints de maladies de poitrine, de fièvres aiguës, ophtalmies, etc. En général, les vents secs du N. produisent ou aggravent les affections catarrhales. Fouquet, Méjan et d'autres praticiens ont également remarqué que les attaques apoplectiques coïncident fréquemment avec des changements subits du temps ou avec certains vents tels que l'E. S. E. et l'O. N. O. Cela pourrait tenir à ce que le premier de ces vents correspond souvent à un abaissement excessif de la pression atmosphérique, et le second à la réaction qui accompagne le relèvement subit du baromètre.

Les variations du temps étant ainsi liées au changement de direction du vent, on voit de quelle importance il est de saisir les premiers indices de changement, et pour cela d'observer de préférence à la girouette *la direction des nuages*; car les courants supérieurs de l'atmosphère sont affectés *les premiers*, et bien avant la surface du sol ; or, la marche de ces courants supérieurs nous est révélée par la marche des cirrhus, qui sont des nuages particulièrement formés de fines aiguilles de glace. Les cirrhus très élevés (plusieurs lieues) précèdent de quelques jours l'approche d'une tempête ; puis ils s'abaissent progressivement.

Examinons actuellement comment le caractère des divers vents

que nous venons d'énumérer dépend de la situation topographique de Montpellier. Dans notre climat, les vents d'est sont aussi fréquents que les vents d'ouest, mais les vents du nord l'emportent de beaucoup sur les vents du sud ; en particulier, les vents N. et O. soufflent plus de la moitié de l'année, de sorte que l'on peut considérer le N. O. comme le vent dominant. C'est aussi le vent dominant dans le pays Toulousain, mais, tandis qu'il y apporte la pluie, il n'arrive chez nous que desséché, ayant déposé son humidité en traversant la chaîne qui nous sépare du bassin de l'Atlantique. Quant aux nuages qui arrivent chargés encore de vapeurs, ils ne nous donnent pas davantage de pluie. Après avoir franchi la ceinture montagneuse qui de l'O. au N. limite ce bassin, en arrivant au-dessus de la plaine chaude et sèche qui forme le versant méditerranéen, ces nuages s'évaporent immédiatement : du haut des plateaux élevés on voit en effet ces nuages se dissoudre presque tout à coup en pénétrant dans un air plus chaud, ou bien disparaître au loin, entraînés hors de notre région par le vent d'O. ou de N.

Nous avons cependant des pluies originaires de l'Océan. Les courants qui ont abordé l'Europe par le golfe de Gascogne, devenus orageux en passant par les Pyrénées, traversent parfois notre département avec une vitesse de 10 à 15 lieues à l'heure. Le nombre annuel des orages proprement dits ne dépasse guère 12 à Montpellier; la plupart viennent du N.O., de l'O. ou du S.O.; quelques-uns, il est vrai, arrivent de la Méditerranée poussés par le vent de S.E.; mais la majeure partie entrent dans le département par l'ouest et en sortent par l'est, poursuivant leur route jusqu'à ce qu'ils aient épuisé leur vitesse et déposé toute leur eau. En particulier, les orages de grêle viennent habituellement du S.O., c'est-à-dire des Pyrénées françaises ou espagnoles.

Lorsque le vent souffle depuis quelque temps de la région de l'Est, on voit les nuages s'élever de la mer, envahir peu à peu l'atmosphère, se dirigeant au N.O., s'accumuler vers les montagnes, au point de nous cacher même le Saint-Loup. Alors se produisent dans les Cévennes ces pluies abondantes qui alimentent les sources de nombreuses rivières, qui dans certaines localités atteignent quel-

quefois un maximum annuel de 2 mètres à 3 mètres, et auxquelles sont dues les crues extraordinaires de la Dourbie et de l'Hérault. De même que les vents d'O. et de N. nous arrivent desséchés, les vents de S. et S. E. traversant les montagnes s'y dessèchent en grande partie, et, en pénétrant dans la Lozère, ils ont perdu leur humidité. Mais la région des plateaux élevés des Cévennes est arrosée à la fois par l'Océan et la Méditerranée ; les orages y ont aussi cette double origine et n'affectent pas comme ici une direction prédominante.

La nature et la marche des nuages ne sont pas les seuls indices des changements de temps ; le mouvement de la colonne barométrique les fait prévoir bien plus sûrement. Tant que règne le beau temps, le baromètre se tient un peu au-dessus de l'élévation moyenne correspondante à la saison, et le vent oscille de l'O.N.O. au N. N. E. A l'approche d'une bourrasque, le baromètre commence à baisser, le vent atteint et dépasse le N. E., et l'hygromètre marche sensiblement vers l'humide. Si la bourrasque a peu d'intensité ou si elle est à une grande distance, le vent reste faible et souffle quelques jours du grec ou du marin ; mais après quelques ondées, il passe au N. O., le thermomètre baisse un peu, et le beau temps se rétablit. C'est ainsi que dans les périodes de sécheresse, au moment où l'arrivée du marin permet enfin d'espérer la pluie, le retour subit des vents d'ouest secs et violents vient tromper l'attente des agriculteurs et enlever au sol le peu d'humidité qu'il avait reçu.

Si au contraire nous nous trouvons sur la route d'une dépression importante venant de la Méditerranée, le vent de N. E. à E. augmente progressivement, passe au S.E. ou oscille entre ces directions, et les nuages accumulés se résolvent en pluie. Le vent se calme tout à coup, lorsque le centre de la bourrasque approche ; au moment de son passage, le baromètre, qui n'a cessé de baisser, atteint son minimum ; la pluie continue toujours. Bientôt après, le vent tourne du côté de l'ouest, l'abaissement de température déterminant une nouvelle condensation de vapeurs produit des averses abondantes ; alors le baromètre remonte rapidement, et un vent impétueux de N. O. repousse au loin tous les nuages.

NOTES

NOTE I.

Observations de l'Abbé Picard.

Le motif et quelques-uns des résultats du voyage de l'Abbé Picard dans le Bas-Languedoc sont exposés dans l'*Histoire de l'Académie royale des Sciences de Paris*, 1666-1686, tom. I, Paris, 1733 (pag. 181-182). — Le mémoire de Picard se trouve dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Paris*, 1666-1699, tom. VII, partie I, Paris, 1729. Il a pour titre: *Observations astronomiques faites en divers endroits du royaume* (en 1672, 1673, 1674), par M. Picard, de l'Académie royale des Sciences. Il s'étend de la page 329 à la page 349 du volume, mais la partie qui nous intéresse, et qui est intitulée: *Observations faites au Bas-Languedoc*, va de la page 333 à la page 345. Le titre intérieur de ce volume est : *Observations faites en plusieurs voyages par ordre de Sa Majesté pour perfectionner l'astronomie et la géographie, avec divers traitez astronomiques*, par Messieurs de l'Académie royale des Sciences et par leurs correspondants. Partie I. Sur le dos on lit le titre inexact : *Histoire de l'Académie*, tom. IX, 1666-1699. — L'exemplaire in-4° relié de ces deux volumes, qui est à la Bibliothèque de la ville de Montpellier, a appartenu à la Société royale des Sciences, dont il porte le nom en lettres d'or sur la couverture.

Les Tables Rudolphines annonçaient que Mercure devait passer devant le soleil le 6 mai 1674 [1] depuis environ 6 heures du matin

[1] *L'Histoire de la Société royale des Sciences de Montpellier*, tom. I. Lyon, 1766, pag. 4, contient la phrase suivante : « On lit dans l'Histoire de l'Académie royale des Sciences que les Tables Rudolphines ayant annoncé pour le 3 mai 1674 un passage de Mercure sur le disque du soleil.... »

Cette erreur de l'historien provient sans doute de ce qu'il a confondu le passage du 6 mai 1674 avec celui du 3 mai 1661, qui est rappelé dans la phrase précédente par l'Histoire de l'Académie de Paris et par le mémoire de Picard.

Malheureusement, elle a été reproduite par le baron de Zach dans son Mémoire

jusqu'à 11 heures 1/2 avant midi. Mais, en ayant égard à l'observation du passage de Mercure du 3 mai 1661 par Hevelius, l'Académie des Sciences de Paris pensait que la conjonction de Mercure avec le soleil n'aurait lieu que dans la nuit du 6 au 7 mai et par conséquent serait invisible. A cause de l'incertitude que présentaient les calculs des mouvements de cette planète, l'Académie tenait à trancher la question par l'observation du phénomène. Craignant qu'à Paris des nuages ne permissent pas de savoir si le passage aurait lieu ou non, et pour avoir un ciel ordinairement serein, l'Académie pria l'un de ses membres, l'Abbé Picard, de se transporter dans le Bas-Languedoc.

Ce savant astronome arriva à Montpellier vers la fin d'avril, ayant fait porter son quart de cercle de 3 pieds de rayon, une grande horloge à pendule et deux excellentes lunettes (son ancienne lunette de 14 pieds et une nouvelle de 20 pieds). Il commença ses observations le 3 mai. Mais il ne vit pas Mercure passer sur le soleil, pas plus que Cassini et Rœmer, qui observèrent en même temps à Paris avec un ciel assez favorable. La conjonction dut se faire de nuit: ce fut donc la prédiction de l'Académie qui se réalisa, et non celle des Tables Rudolphines.

Picard utilisa son voyage en faisant les observations suivantes. Les premières qu'il effectua à Montpellier sont des 3, 5, 6, 9, 18, 22, 23 mai. Il alla ensuite à Cette. Il observa au cap de Cette, proche le nouveau môle, à 95 pieds au-dessus de la mer, sur une roche escarpée. Comme il fallait y ajouter environ 5 pieds pour la hauteur de l'instrument, la hauteur de l'œil était 100 pieds. Mais il la fit varier dans d'autres observations, jusqu'à 24, 16, 8 et 4 pieds. Ses observations à Cette sont des 26, 27, 28, 30, 31 mai.

Il fit porter son quart de cercle à Maguelone le 1er juin et y détermina la hauteur du pôle par l'observation de la hauteur méridienne du soleil comparée à sa valeur à Paris.

Il revint à Cette et y observa les 2, 3, 4, 7 juin.

sur la vraie position géographique de la ville de Montpellier (*Bulletin de la Société libre des Sciences et Belles-Lettres de Montpellier*, tom. IV, pag. 345. Montpellier, 1811), et elle s'est glissée sous le couvert de ces autorités dans la Notice d'Ed. Roche sur l'observatoire de l'ancienne Société des Sciences de Montpellier.

Dans l'Histoire céleste de Montpellier par Danyzy (annonce lue le 28 novembre 1811, *Société libre*, tom. V, pag. 155. Montpellier, 1813), nous trouvons ce qui suit: «On sait que ce passage annoncé pour le *seize* mai de cette année n'eut pas lieu». Il a lu 16 au lieu de 6.

Il retourna enfin à Montpellier, où il observa les 11, 12, 13, 15 juin. Il alla ensuite à Lyon, où sa première observation est du 22 juin.

Picard détermina la hauteur du pôle à Montpellier par des observations comparatives de la hauteur méridienne du bord supérieur du soleil et de la hauteur méridienne d'Arcturus, faites à Montpellier et à l'observatoire de Paris les 18, 22, 23 mai, 11, 12, 13 juin. *Il en conclut que la différence de latitude des deux lieux était* 5° 13′ 20″, *et, adoptant pour Paris* 48° 50′ 10″, *il donna* 43° 36′ 50″ *pour la latitude de Montpellier.*

A Maguelone, il trouva le 1er juin 5° 19′ 40″ pour la différence des hauteurs méridiennes du soleil à Paris et à Maguelone, et par suite 43° 30′ 30″ pour la latitude de Maguelone.

A Cette, il observa comparativement avec Paris les 26, 27, 30 mai et 4 juin les hauteurs méridiennes du bord supérieur du soleil, d'Arcturus et de la Polaire. Il conclut 5° 26′ 30″ pour la différence de latitude avec Paris et par suite 43° 23′ 40″ pour la latitude de Cette.

Par des observations d'émersions de satellites de Jupiter faites à Cette le 7 juin et à Paris le même jour par Cassini, il trouva que la longitude de Cette par rapport à Paris est orientale et de $5^m\ 30^s$ en temps.

Le 15 juin, il trouva, par une émersion du premier satellite observée à Montpellier et à Paris, que la longitude de Montpellier, par rapport à Paris, est orientale de $6^m\ 10^s$ en temps.

Cette et Montpellier n'étant pas visibles l'une de l'autre, mais l'église de Maguelone étant vue de toutes deux, et à l'est de chacune, il visa Maguelone de Cette le 4 juin et de Montpellier le 15 juin, et il trouva que Maguelone est à l'est de Cette de 44 secondes et de Montpellier de 2 secondes en temps, ce qui fait une différence de 42 secondes au lieu de 40 entre Montpellier et Cette.

Ces diverses déterminations pouvaient être utiles pour corriger la carte de France.

Il mesura la déclinaison de l'aiguille aimantée et trouva qu'elle était, à Montpellier et à Cette, occidentale de 1° 10′.

Il constata que la longueur du pendule simple pour les secondes de temps moyen était toujours, à Cette, égale à celle qu'il avait établie à Paris 36p 8l 1/2.

« Je ne dois pas omettre, dit-il en terminant[1], qu'à Montpel-

[1] Il n'y a pas autre chose dans le mémoire de Picard, relativement à l'altitude de son observatoire de Montpellier, que la phrase que nous venons de citer textuel-

lier un baromètre commun bien vide d'air, et qui était en expérience depuis plus d'un an, n'avait jamais été plus haut que de 28 pouces et 1 ligne, ni moins que de 27 pouces et 1 ligne. Ce baromètre était placé environ à 26 toises au-dessus du niveau de la mer : au lieu que j'en ai un à l'Observatoire royal, qui, étant environ à 44 toises au-dessus de la mer, varie entre 27 pouces 10 lignes et 28 pouces 6 lignes ».

Enfin il fit à Cette de nombreuses observations relatives à la réfraction astronomique, et mesura en particulier les réfractions des bords supérieur et inférieur du soleil à son lever.

Des observations précédentes, celle qui a provoqué le plus de discussions et de recherches est la mesure de la latitude de Montpellier, parce que le baron de Zach, astronome de Gotha, en a repris la détermination pour la comparer avec celle de Picard et avec d'autres[1]. Cette comparaison présente un certain intérêt en ce qu'elle permet d'apprécier le degré de perfection atteint par les instruments astronomiques de ces diverses époques. D'où le soin que nous avons cru devoir mettre à fixer, autant que possible, la position de ces points d'observation (Notes II et IV).

Cette détermination fut faite à Montpellier par de Zach, en avril 1811, et a servi de base à son Mémoire sur la vraie position géographique de la ville de Montpellier (*Bulletins de la Société libre*, tom. IV pag. 387, 1811). Il y est revenu dans le tom. IV (pag. 209) de sa *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique*, Gênes, chez Ponthenier, imprimeur fondeur, années 1818 et suivantes, que nous avons consultée

lement. Et pourtant Danyzy, dans l'annonce de son Histoire céleste, à laquelle nous venons de renvoyer, pag. 156, l'a transformée en cette autre qui a naturellement été reproduite dans la Notice sur l'Observatoire de Montpellier : « Ce laborieux observateur s'occupa aussi d'observer notre élévation au-dessus du niveau de la mer au moyen d'un excellent baromètre qu'il trouva sur les lieux, et il la fixa à 26 toises, déduction faite de la hauteur de son observatoire au-dessus du rez-de-chaussée » (reproduit aussi par Thomas, *Mém. de la Société archéologique*, tom. III, pag. 436-437).

[1] 1° Celles de Cassini, qui trouva pour la tour de la maison Plantade 43° 36′ 32″, d'où résultait 43° 36′ 23″,8 pour la tour de la Babote (Observatoire), qui est à 128 toises ou 8″,1 au sud de la maison Plantade ;

2° Celles de de Ratte, qui trouva 43° 36′ 25″ à la Babote, d'où une discussion avec de Zach en des termes peu respectueux de la part de ce dernier (tom. I, pag. 246 de sa Correspondance ci-après citée).

à l'Observatoire de Paris, et qui contient une foule de renseignements et de réflexions, souvent assez ironiques, sur les astronomes de Montpellier. C'est à l'Observatoire de la Société royale (tour de la Babote) que Danyzy l'installa pour ces recherches (*Bulletin*, tom. IV, pag. 337). De Zach en déplore l'état de délabrement à la suite de la tourmente révolutionnaire (*Correspondance*, tom. IV, pag. 209 et suiv.). Il en fixa la latitude à 43° 36′ 15″,71.

Il se fit indiquer le point précis de l'observation de Picard, et le désigne dans des termes sur lesquels nous reviendrons (Note II). Il trouva, sur le plan de la ville, 336 toises ou 21″,3, pour la distance entre les parallèles de ce point et de la tour de la Babote, et il évalue par suite la latitude de ce point à 43° 36′ 15″,7 + 21″.3 = 43° 36′ 37″. C'est ce nombre qu'il se propose de comparer à la valeur 43° 36′ 50″ de Picard. *Il indique pour cela deux corrections nécessaires, résultant : l'une de la différence de la réfraction à Montpellier et à Paris, et l'autre d'une erreur sur la latitude de l'Observatoire de Paris.* « L'abbé Picard, dit-il, par des hauteurs méridiennes du soleil, prises simultanément le même jour à Montpellier et à l'Observatoire Royal de Paris, a trouvé que la différence des hauteurs dans ces deux lieux était de 5° 13′ 20″, mais il faut savoir que Picard n'a pas tenu compte de la différence des réfractions, ni de celle de la déclinaison du soleil, qui font 6 secondes à ôter de la latitude ; l'abbé avait aussi supposé que la latitude de l'Observatoire Royal de Paris était 48° 50′ 10″, telle qu'on l'avait déterminée alors, mais l'on sait aujourd'hui qu'elle est de 14″ [1] ; ce qui fait 4 secondes à ajouter; après avoir appliqué ces corrections [2], on trouvera la latitude de la maison dans laquelle Picard fit ses observations à Montpellier, égale à 43° 36′ 48″, qui diffère de onze secondes de celle que nous venons de déterminer » (Correspondance astronomique, tom. IV, pag. 209 et suiv.) [3].

[1] La latitude actuellement admise pour l'Observatoire de Paris est 48° 50′ 10″,8, plus près de la valeur de Picard que de celle de de Zach.

[2] — 6″ + 4″ = — 2″.

[3] La première correction — 6″ avait seule été faite sur le nombre 43° 36′ 50″ de Picard dans le *Bulletin de la Société libre*, et avait donné 43° 36′ 44″ pour le résultat corrigé des observations de Picard. C'est le chiffre indiqué par Poitevin (*Essai sur le climat de Montpellier*, 1803, pag. 3, note 1). Il a été reproduit par mon frère d'après ces auteurs dans la Notice sur l'Observatoire. Il est d'ailleurs plus rapproché de la réalité, puisqu'on revient, comme nous l'avons indiqué tout à l'heure en note, au chiffre admis par Picard pour Paris, à 1″ près. Voir à la fin de notre Note IV, dans une lettre de Guilleminet, la valeur admise par cet astronome.

Ce résultat (11″) *représente pour de Zach l'erreur de l'instrument dont se servait Picard.*

Le Monnier (*Histoire céleste*, discours préliminaire. pag. XIX et XXXIII, Paris, 1741) avait signalé cette erreur comme égale à 1′ 30″, le quart de cercle ayant en réalité 89° 58′ 30″ seulement au lieu de 90°. De Zach, après avoir reproduit cette assertion dans le *Bulletin* (pag. 347), la rejette dans le passage ci-après de la *Correspondance* (pag. 210), en se basant sur ce qu'elle conduirait à attribuer à Picard une trop grande erreur de lecture : « Cette observation de Picard prouve au moins que ce que Le Monnier a avancé sur l'erreur de son quart-de-cercle n'est pas exact, ou bien que Picard connaissait l'erreur de son instrument et en avait tenu compte : car, sans cela, si nous allons diminuer la hauteur de Picard de 1′ 30″ comme le veut Le Monnier, nous aurions trouvé pour la latitude de la maison de Picard 43° 38′ 18″, qui aurait différé de 1′ 41″ de notre détermination, au lieu que sans la supposition de cette erreur dans l'instrument, la latitude tombe dans les limites de petites erreurs inévitables dans les instruments de ces tems ».

Le grand nombre des observations du célèbre astronome rend précieux ce renseignement sur leur degré d'exactitude et par suite sur la valeur à attribuer à leur emploi.

Actuellement, en plaçant l'observatoire de Picard au n° 5 ou 7 de la rue Castel-Moton, comme nous le conclurons à la fin de la note suivante II, c'est 43° 36′ 42″ ou 43″ qui est la latitude, d'après la carte de l'état-major. En introduisant dans les résultats de Picard et de de Zach la valeur actuellement admise de la latitude de Paris 48° 50′ 11″, on obtient pour la latitude de la maison où observa Picard les nombres

43° 36′ 45″ (Picard) ;

43° 36′ 34″ (de Zach) ;

43° 36′ 42″ (actuelle). C'est donc celle de Picard qui se rapprocherait le plus de la vérité.

NOTE II.

Lieu où a observé l'Abbé Picard à Montpellier.

Dans son Mémoire inséré au tom. VII des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Paris* (Partie I, pag. 334), Picard,

relativement au lieu où il a observé à Montpellier, ne donne que l'indication suivante :

«J'observai sur une haute terrasse, proche la Canourgue, d'où je voyais la Mer au Sud par dessus Magdelone, et au Sud-Sud-Est, du côté d'Aiguemorte, la Touchante de la Mer étant inclinée sous mon Niveau de 14 à 15 minutes».

De la lecture de son mémoire il résulte que de cette terrasse il pouvait voir le soleil tout le jour, observer les éclipses des satellites de Jupiter, prendre la hauteur méridienne d'Arcturus, et viser l'église de Maguelone.

Parmi les lettres qu'il écrivait de province à Cassini, et que l'obligeance de M. le bibliothécaire Fraissinet nous a fait retrouver à l'Observatoire de Paris, les deux suivantes seulement contiennent une indication, malheureusement bien vague.

De Montpellier, 12 juin 1674. «...Je ne scay pas comme lon pourroit avoir escrit que j'estois alle à Aiguemorte avec Mr de Varde. Car je n'en seulement pas eu la pensée n'estant sorty de Montpellier que pour aller a Sete ou jay demeuré environ trois sepmaines».

De Nîmes, 16 juin 1674. «Je vous ay escrit ce matin de Montpellier. Jay veu avant de partir Madame de Joly, qui vous baise les mains et à madame Cassini».

Nous avions un moment espéré que les deux noms propres ci-dessus deviendraient le point de départ de recherches fructueuses. Ces deux personnages [1] auraient pu offrir l'hospitalité à Picard chez eux ou chez des amis, dans une maison qui aurait été la maison cherchée. Cet espoir ne s'est pas réalisé, et nous en sommes réduits à des documents postérieurs contradictoires entre eux et aux hypothèses que nous allons discuter. Les détails précédents pour-

[1] C'est le marquis de Vardes, en disgrâce à Montpellier en 1671, qui, pour occuper les loisirs de son exil, avait attiré dans notre ville le philosophe Régis, dont il a été question dès les premières pages du présent mémoire (Voir Junius Castelnau, *Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier,* pag. 17, 1858).

Quant à Mme de Joly, je dois à Mlle Guiraud une indication tirée des Compoix Sainte-Foix, 1600 (Veau CC 642, folio 223 verso), et à M. Grasset-Morel une autre extraite du Levoir (folio 230 recto, n° 1478), qui semblent s'accorder pour placer dans la plus petite des deux maisons Batigne contiguës, rue Aiguillerie, 28, la maison d'Anne de la Roche, veuve de Jean de Joly, Conseiller du Roi et son Avocat général en la Cour des Comptes, Aides et finances. Mme de Joly garda jusqu'au 23 janvier 1693 cette maison qu'elle avait acquise le 8 mars 1666 (même compoix, folio 219 recto).

raient d'ailleurs devenir utiles le jour où l'on rencontrerait dans d'autres recherches un document inédit touchant de près ou de loin à cette question.

Les indications des documents postérieurs sont au nombre de trois divergentes :

1. Dans le passage, déjà cité à la fin de la note I, de l'Essai sur le Climat de Montpellier de Jacques Poitevin (pag. 3, note 1), on lit : « Hauteur du pôle déterminée à Montpellier 43° 36′ 44″ rue Castel-Moton, n° 305 [1], près la place de la Canourgue, où Picard a observé en 1674 ».

Dans son mémoire sur la position de Montpellier (*loc. cit.*, pag. 388) le baron de Zach dit aussi que « Picard a observé dans la rue Castel-Moton, dans une maison qui porte actuellement le n° 305, près la place de la Canourgue ».

De Zach a reproduit cette indication dans deux passages de sa Correspondance astronomique, l'un déjà cité plus haut (tom. IV, pag. 209), l'autre (tom. X, pag. 607) en note d'un article de Bernier sur le mirage extrait du *Journal des Savants* (14 juin 1688), où celui-ci raconte avoir eu «la curiosité de voir le lieu où notre cher ami, le célèbre M. Picard, fesait ses observations astronomiques». Nous citerons tout au long, un peu plus loin, le texte de Bernier et la note de de Zach.

2. Dans son *Histoire Céleste de Montpellier* (annonce lue le 28 novembre 1811, *Société libre*, tom. V, 1813, pag. 155, note 1) Danyzy dit au contraire que ce fut « dans la maison Fronteau, rue Castel-Moton, n° 306, sur une terrasse découvrant un vaste horizon».

3. M. Thomas (*Mémoires de la Société archéologique de Montpellier*, tom. III, pag. 437) a indiqué à son tour le n° 305 comme étant la maison Fontreau, «actuellement (dit-il) de Brignac». Il cite Danyzy, mais en fait il emprunte le numéro à de Zach et Poitevin,

[1] Je rappelle que, dans l'ancienne division de la ville en sixains, les maisons étaient classées, sous des numéros se suivant d'un bout à l'autre du même sixain, non pas, comme aujourd'hui, par rues, mais par îles, les îles étant d'ailleurs elles-mêmes numérotées en un certain ordre dans le sixain. Ce système, dont l'intelligence aidera à suivre les notes II et IV, se révèle au premier coup d'œil jeté sur la planche I. Il est exposé et adopté dans le *Guide de Montpellier ou contrôle manuel et distribution de la ville de Montpellier en sixains, îles et rues*, de Flaudio de la Combe (Montpellier, Picot, 1788), indicateur précieux auquel nous nous référons constamment, en particulier pour les numéros des îles.

le nom (rectifié) à Danyzy, et innove pour la position, en indiquant la maison de Brignac, qui portait le n° 307.

Discutons ces trois hypothèses (n^os^ 305, 306 et 307).

1. La maison n° 305, dans l'île du Puits des Esquilles (Sixain Sainte-Croix, île n° 24), et qui figure dans Flandio sous le nom de Fontreau, forme le coin de la rue Castel-Moton et de la rue du Figuier, comme le montre l'un des plans manuscrits des îles de la ville déposés aux Archives municipales et remontant au XVIII^e^ siècle. C'est donc le n° 11 actuel de la rue Castel-Moton [1].

Cette maison n'a au-dessus du rez-de-chaussée qu'un premier étage, surmonté il est vrai d'une terrasse, mais cette terrasse est dominée de tous les côtés par les maisons voisines. Elle n'a d'ailleurs été établie qu'à une époque relativement récente par l'un des derniers propriétaires, M. Cabane, ancien chef d'institution, dont de nombreuses générations d'élèves ont eu récemment à déplorer la perte. Il n'avait pu, me racontait-il, l'élever plus haut à cause d'une servitude dont elle est frappée par la maison Pagézy-Barrau, située de l'autre côté de la rue Castel-Moton, au coin de la rue du Palais.

J'offre ici l'expression de ma respectueuse gratitude à M^me^ Barrau, qui a bien voulu me communiquer les actes établissant cette servitude et la transmission de la maison. L'interprétation de ces actes, quoique difficile par leur nombre même, nous semble la suivante.

La maison achetée par M. Pagézy le 13 octobre 1806 (Auteract, notaire) au Conseiller Corbin (n° 330 de l'île n° 26 du Four de Geniez, auparavant appelée île Clauzel) provient de la réunion de deux maisons distinctes : l'une sur la rue du Palais, appartenant à Guillaume Clauzel, commissaire des guerres ; l'autre sur la rue Castel-Moton, où était, à la fin du XVI^e^ siècle, l'auberge appelée le *Logis de la Colombe*. Cette dernière fut vendue à Guillaume Clauzel par son frère François Clauzel, Conseiller maître des comptes, le 17 juillet 1609 (vérification par la Chambre des comptes de la remise des droits de lods et ventes par Henri IV à Guillaume Clauzel). D'après le compoix du Sixain Sainte Croix (après 1600, Basane verte, coté CC 658 aux Archives municipales, folio 381 recto), Guillaume Clauzel était aussi propriétaire de la maison qui nous occupe (plus tard numérotée 305), faisant le coin des rues Castel-Moton et du Fi-

[1] Dans les plans manuscrits, l'île du Puits des Esquilles porte le n° 23 et l'île du Four Geniez le n° 24.

guier, et qui était alors une étable. Sa fille Françoise Clauzel, veuve Gigord, en la vendant, le 24 novembre 1649 (Pierre Fesquet, notaire) à Charles Favier, boulanger, la frappa, au profit des deux maisons qu'elle gardait, d'une servitude sur le devant et d'une servitude un peu moindre sur le derrière.

Cette maison passa (Compoix Sainte-Croix, 1600, coté CC 636, folio 387 recto) le 29 novembre 1678 de Favier à Guillaume Anceau, plus tard à son fils Jean Anceau, dont la veuve la donna par contrat de mariage le 6 novembre 1752 (Aurès, notaire) à sa petite-fille, épouse d'Augustin Fonreaux. C'est donc bien la maison n° 305 de Flandio, Poitevin et de Zach. La servitude (1649) est antérieure à l'époque (1674) des observations. *Ce n'est donc pas celle qui a pu servir d'observatoire à Picard.*

2. La maison n° 306, aujourd'hui n° 9 (Lenthéric), n'a pour elle que la seule assertion de Danyzy, qui semble être le résultat d'une erreur matérielle : car c'est Fontreaux ou Fonreau et non Fronteau, et de plus c'est le n° 305 qui est celui de Fonreau. Nous avons pourtant pris la peine de la réfuter par les considérations suivantes.

Cette maison est constituée par la réunion de trois maisons dépendant de la succession de Nicolas Avy. D'après le Compoix de 1600 (coté CC 636, folio 389 recto), M. de Bécheran, qui en disposait par autorité de justice, les vendit à Louis Bousquet, Conseiller du Roy, troisième consul et procureur en la Cour des comptes, aides et finances, le 2 octobre 1704 (Durranc, notaire). Une quatrième maison dépendant de la même succession fut vendue de même le 16 mars 1709 (Bertrand, notaire) à Jean Anceau, qui la réunit ainsi à la sienne sous le n° 305 de Flandio.

Les détails précédents montrent quelles faibles dimensions devaient avoir toutes ces maisons, enchevêtrées sur un espace aussi restreint ; *cette circonstance ne permet guère d'y supposer en 1674 l'existence de la terrasse très élevée qui nous occupe.* Leur distinction dans les actes [1] a exigé de longues et pénibles recherches; mais elle se retrouve dans la construction, et le regretté Me Arnavielle, avoué, l'un des derniers propriétaires du n° 9 (306), me disait un jour l'avoir parfaitement remarquée et me la montrait en 1886 sur les lieux.

[1] Cet enchevêtrement a fait croire à la réunion, en 1674, des numéros 305 et 306 dans la famille de Bécheran (*Notice sur l'Observatoire*, pag. 6) d'après le propriétaire d'alors, M. Giroud, tandis qu'il s'agit de maisons composant le n° 306.

3. La maison n° 307 (Guérin, en 1788, d'après Flandio, aujourd'hui n° 7) a appartenu au fameux chirurgien Bourquenod, a passé ensuite à sa fille Mme Raymond Caizergues et à sa petite-fille Mme de Brignac, morte en 1886 : elle appartient encore aujourd'hui à la famille de Brignac. Cette maison ne présente aucune terrasse, et n'en présentait pas en 1820, date de la plus ancienne pièce (estimation d'experts pour un partage) qu'ait pu trouver M. Raymond de Brignac dans les recherches qu'il a bien voulu faire à ma demande. Elle n'a que trois étages sur la façade, et quatre à l'intérieur[1]. Pourtant, sur des souvenirs du regretté Ad. Ricard relatifs à l'existence, au temps où il y était en pension, d'une terrasse actuellement noyée dans les constructions, nous avons cherché à nous renseigner auprès d'anciens locataires. C'est ainsi que M. Merle, ouvrier très âgé de l'imprimerie Martel, m'a dit avoir vu jadis sur le toit une plate-forme, moins haute que la terrasse du n° 5 dont nous parlerons tout à l'heure, mais d'où l'on avait une assez belle vue : elle aurait même pu représenter les restes d'une tour ou terrasse antérieure plus haute. Quoi qu'il en soit, quand on visite cette maison n° 7, et surtout la maison voisine n° 5 qui la domine, on reconnaît facilement qu'aucune terrasse au n° 7, à moins d'être de de plusieurs étages au-dessus des toits actuels, n'a pu réaliser les

[1] Cette maison de Brignac (n° 307, n° 7) est très ancienne. Elle n'a sur la rue Castel-Moton qu'une façade très étroite, comprenant seulement la porte d'entrée et une fenêtre à chacun des trois étages. Au premier se trouve encastré un écusson en pierre où on lit les chiffres 492 — 740! — 6 superposés sur trois lignes. Elle a une cour qui la sépare en trois bâtiments, et une autre façade avec porte (transformée en fenêtre à certaines époques) sur la rue de la Vieille-Intendance. Cette deuxième porte a actuellement le n° 10 parce que les numéros se comptent à partir de la mairie (place de la Canourgue) ; mais on y lisait encore en 1885 un ancien n° 11, datant de l'époque où la mairie était située à la place des Capucins (Louis XVI, Marché aux fleurs). La maison suivante (n° 12) appartenant à la famille Espéronnier portait encore un ancien n° 9. Enfin le n° 14 actuel forme le coin de la rue de la Vieille-Intendance et de la rue du Figuier, et appartenait autrefois à la famille d'Audessan, en même temps que l'hôtel de l'Intendance qui est vis-à-vis : ces deux maisons sont encore aujourd'hui réunies dans la famille Garbouleau-Reynès. J'ai relevé ces détails aux Archives municipales, sur les plans manuscrits déjà cités des îles et le projet d'alignement (16 septembre 1767) de la ruelle et du plan de Bombeculs (petite place aujourd'hui englobée dans cet alignement, et indiquée en traits pointillés sur la planche). Ils détruisent une confusion qui s'était glissée sous l'autorité du Levoir (*Rubrique du Levoir de Montpellier*, sixain Sainte-Croix, n° 1928, Bibliothèque de la ville) dans la *Notice sur l'Observatoire*.

conditions indiquées par Picard. Aussi mon frère, après avoir adopté cette hypothèse, y avait-il renoncé dans les derniers temps de sa vie, pour en émettre une quatrième absolument nouvelle et proposer le n° 308 (n° 5 actuel).

4. La maison n° 308 (n° 5 actuel, en 1788 à Favier, subdélégué, d'après Flandio), indiquée par mon frère, est fort ancienne, comme on le voit par l'état de la construction et notamment des charpentes : celle de la tour nous a paru faite avec des troncs entiers du fameux arbre de Montpellier devenu si rare. Elle a une façade, sans porte, sur la rue Vieille-Intendance (n° 303, Favier encore dans Flandio). D'après les renseignements que nous fournit le 24 septembre 1885, sept mois avant sa mort, M^me^ V^ve^ Feyon, née Nougaret, propriétaire de la maison, la tour (5^e^ étage) ne formait autrefois qu'une seule pièce à la partie supérieure : elle en avait fait du côté du sud un appartement qu'on voit, en effet, en venant de la Préfecture par la rue Castel-Moton. Du côté du nord[1], elle forme ciel-ouvert, pour éclairer les étages inférieurs. Il y a quatre ouvertures, aux quatre points cardinaux, très petites à l'est et à l'ouest ; au sud c'est une fenêtre ordinaire, au nord c'est une porte donnant sur une terrasse qu'elle avait fait construire, qui dépasse la tour au nord et à l'est, et d'où nous avons pu apprécier ce qu'avait pu être autrefois le coup d'œil du haut de cette tour, supposée suffisamment ouverte. Ce coup d'œil répond aux indications de Picard, telles que nous les avons données au début de cette note. Il est vrai que ce n'est pas une terrasse à proprement parler, mais une tour couverte, et dont le toit, comme nous l'avons dit, est fort ancien. Mais on pourrait admettre qu'elle avait autrefois des ouvertures assez grandes, occupant peut-être tout son périmètre, sauf les supports du toit. On peut aussi supposer que la partie qui porte un vitrage récent aurait été découverte, et aurait formé une terrasse dont la terrasse actuelle ne serait que le prolongement.

Une objection, qui avait quelque temps arrêté mon frère, et qui atteindrait aussi le n° 307, a été levée par l'étude des compoix. La rue actuelle de Castel-Moton forme les deux côtés d'un angle droit, mais seulement depuis quelques années. Autrefois, notamment du temps de Flandio (1788), l'une des deux moitiés, celle qui vient de la Préfecture, portait seule ce nom ; l'autre, celle qui va à la

[1] Je décris l'état des lieux tel que je l'ai constaté en 1885.

Canourgue, s'appelait rue Four-Geniès. Les deux maisons 307 et 308, qui s'ouvrent sur cette dernière, ne pouvaient donc pas être celle de l'observation, que tout le monde place rue Castel-Moton. Tout au plus pouvait-on dire que la maison 307 est vis-à-vis de la rue Castel-Moton, dont elle forme le fond quand on vient de la Préfecture. Mais la maison 308 est nettement dans la rue Four-Geniès.

La réponse est la suivante. Dans les compoix et les actes, la rue tout entière, formée des deux côtés de l'angle, est désignée le plus souvent par une périphrase, *rue allant du Grand Temple* (temple protestant sur la place actuelle de la Préfecture) *au Puits des Esquilles* (puits au coin de l'île de ce nom, vis-à-vis du local occupé jusqu'à ces derniers temps par la Faculté des Sciences), et quelquefois par les mots : *anciennement de Castel-Moton.* Dans le Levoir, c'est la *rue du Château Mouton.* La maison 307 ou 308 a donc bien pu en 1674 et même plus tard être indiquée dans cette rue. Un document dont il va être question tout à l'heure achèvera de dissiper les derniers doutes.

Les choses en étaient là, et les raisons pour et contre cette solulution se balançaient à peu près, quand M. le professeur Wolf, membre de l'Institut, sollicité par moi de faire des recherches à l'Observatoire de Paris, s'empressa de me signaler en 1886 un renseignement rencontré par M. G. Bigourdan dans les registres de Flaugergues, que M. Tisserand avait récemment retrouvés et dépouillés à Annonay, où il représentait l'Observatoire de Paris à l'inauguration du monument des frères Montgolfier ; ces registres manuscrits sont actuellement à la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris, comme nous l'avons déjà dit dans une note au bas du passage du Mémoire relatif à Flaugergues. Dans l'un d'eux (2e registre, 1806, pag. 407), où Flaugergues consignait jour par jour ses observations astronomiques, j'ai relevé en effet le passage suivant :

« Je suis parti de Viviers le 9 aoust pour Montpellier ou je suis arrivé le 11 au soir jay acquis de Madame Brunet un cercle repetiteur et jay acheté plusieurs livres de mathematiques et d'astronomie je suis parti de Montpellier le 21 et je suis arrivé là[1] le 23

[1] Il s'agit évidemment de son retour à Viviers, sa résidence habituelle, et après cette indication précise il revient sur l'un des faits saillants de ce voyage, sa visite à l'Observatoire de Picard. L'absence de ponctuation elle-même ne peut laisser de doute sur cette interprétation, d'ailleurs sans importance pour nous.

a 10 h. du matin jay examiné la maison ou Picard observa pres de la Canourgue en 1674. C'est une maison située et faisant coin dans l'angle droit que fait dans son millieu[1] la rue de Castel Metton cette maison qui porte n° 307 et non 305 comme il est marqué dans l'ouvrage de M. Poitevin, est très élevée et terminée par une petite terasse, elle est actuellement habitée par le nommé Recoullès traiteur.»

Ce passage a une importance capitale dans la question qui nous occupe. L'auteur, plus près des événements que nous de presque un siècle, a discuté la question, déjà posée de son temps, et a formellement rectifié l'assertion de Poitevin (qui est celle de de Zach). Ses preuves, qu'il ne donne pas, sont probablement celles qui ont plus tard décidé Thomas, lequel n'en donne pas davantage. Comment ont-elles été négligées par de Zach et Danyzy? Dans tous les cas, son indication désigne formellement la maison de Brignac. Le traiteur Recoules figure bien en effet dans les listes de patentes de l'an VIII, comme habitant cette maison[2].

Mais comment, visitant les lieux, Flaugergues n'a-t-il pas été arrêté par les objections exposées plus haut contre cette troisième hypothèse du n° 307, absence de terrasse sur une maison d'ailleurs dominée par la voisine? La terrasse existait-elle encore de son temps au n° 307, ou celle du n° 308 n'était-elle pas encore aussi élevée?

Je me hasarderai à proposer une autre explication, qui réunirait ou concilierait les hypothèses 3 et 4. Quand on vient de la Préfecture, la tour du n° 308 (n° 5, hypothèse 4) paraît surmonter la maison n° 307 (n° 7, hypothèse 3), à laquelle elle est contiguë et dont la façade, nous l'avons dit, est très étroite sur cette rue et réduite à la largeur de la porte. Ne peut-on admettre la confusion de cette tour et du n° 307 en une seule maison, surtout aux yeux d'un étranger? — J'ajoute que cette idée semble fournir une explication plausible (qui n'est pas à dédaigner) de la contradiction étrange entre les

[1] On remarquera cette indication qui montre que les deux moitiés de la rue étaient bien connues sous le nom unique de Castel-Moton, comme je l'ai dit tout à l'heure.

[2] Le nom du traiteur avait d'abord été lu Recuillés, ce qui n'empêchait d'ailleurs pas son identification avec celui de Recoules des patentes, vu l'incertitude de l'orthographe des noms propres jusqu'aux premières années de ce siècle, surtout dans leur transmission par un témoin étranger à la ville. Mais une vérification attentive du texte n'a pas montré de point sur l'*i* qui précéderait les deux *l*, et a montré au contraire, après le *c*, aussi bien un *o* que le premier jambage d'un *u*.

témoignages contemporains de Flaugergues (1806) et de Zach (1811). Dans le passage déjà cité et reproduit par de Zach, Bernier (1688) s'exprime comme il suit :

« Ces jours passés, ayant eu la curiosité de voir le lieu où notre cher ami, le célèbre Picard, fesait ses observations astronomiques, et m'étant, je ne sais comment, avisé de regarder par une fenêtre,... » (il aperçut le niveau de la mer plus élevé que le sien par un effet de mirage, dont la description est l'objet de l'article).

Bernier a donc *examiné*, c'est-à-dire visité le local, et a regardé par une *fenêtre* : ce détail s'accorderait avec la disposition du n° 308 (*tour* et non *terrasse*). De Zach ajoute en note, affirmant ainsi parler du *même* local que Bernier :

« Lorsqu'en 1811 nous avons été à Montpellier, nous avons eu, 123 ans après Bernier, la même curiosité d'aller voir le local où le célèbre Picard avait fait ses observations. C'est une maison dans la rue Castel-Moton, qui porte actuellement le n° 305, près la place de la Canourgue ; nous avons déterminé la latitude de ce lieu à 43°36′37″, Picard l'avait fixée à 43°36′44″. Voyez le Bulletin de la Société libre des sciences et belles-lettres de Montpellier, N° LIV, tom. IV, Montpellier 1811, pag. 388 ».

Mais cette détermination n'a pas été faite sur place, nous l'avons expliqué dans la Note I : elle a été conclue, sur le plan de la ville, de la valeur mesurée à la Babote. C'est qu'en effet au n° 305 il ne pouvait y avoir ni tour ni terrasse, la servitude nous l'a montré: de Zach a cru à sa disparition; ou bien, s'il a réellement visité le local même décrit par Bernier, il a été trompé sur le numéro, 307 au lieu de 305, par ses souvenirs ou même par les indications des habitants. Il y avait bien une divergence d'opinions, puisque Flaugergues a pris la peine de l'indiquer et de choisir « 307 et non 305 comme il est marqué dans l'ouvrage de M. Poitevin ». Et de plus, c'est bien l'opinion de Flaugergues qu'a adoptée en fait M. Thomas, car il a exactement désigné l'immeuble par le nom du propriétaire son contemporain (de Brignac), le nom et le numéro de 1788 étant depuis longtemps oubliés et par suite comportant facilement une erreur.

J'ajoute enfin que la question, une fois limitée par l'indication de Flaugergues entre les deux derniers points (307 et 308), est tranchée par le fait même au point de vue astronomique, sinon au point de vue archéologique. Car la différence de latitude en ces deux points si rapprochés est absolument négligeable, surtout pour les instruments de l'époque dont il s'agit.

En résumé, 1° il est *impossible* d'admettre avec Poitevin et de Zach le n° 305 (Fontreau), aujourd'hui n° 11 (Cabane) ;

2° il est *très improbable* que ce soit le n° 306, aujourd'hui n° 9 (Lenthéric), comme le voulait Danyzy ;

3° il est *possible* que ce soit, d'après Flaugergues et Thomas, le n° 307 (Guérin), aujourd'hui n° 7 (de Brignac) ;

4° il est *probable* que c'est dans la tour existante et remaniée au n° 308 (Favier), aujourd'hui n° 5, qu'ont été faites les observations de l'Abbé Picard en 1674.

De plus, ces deux dernières hypothèses (307 *et* 308) *peuvent n'en faire qu'une dans la pensée de Flaugergues et n'en font qu'une au point de vue de la position astronomique*[1].

NOTE III.

Observations qui suivirent le voyage de Picard.

Ces observations ont été indiquées dans le Mémoire sur l'Observatoire de l'ancienne Société Royale des Sciences, pag. 6.

Nous les reprenons ici avec quelques détails complémentaires sur les références, en rectifiant d'ailleurs certaines erreurs de chiffres qui s'étaient glissées dans les renvois aux pages. Les exemplaires du *Journal des Savants* et de *Du Hamel* sont ceux de la Bibliothèque de la ville de Montpellier.

[1] Avant d'avoir circonscrit le débat au moyen du passage de Flaugergues, nous avions songé à d'autres tours dans les maisons voisines de la Canourgue, où il n'en manque pas en effet. C'est ainsi que nous avions écarté celle de la maison Romieu, rue Castel-Moton, n° 329, aujourd'hui n° 4, parce que cette maison fut rebâtie, d'après mes traditions de famille, par Jean-François Romieu, procureur, 2e consul en 1760, père de ma bisaïeule Mme Etienne Crassous et du savant J.-B. Romieu dont il a été question dans le Mémoire), — ou tout au plus par Raimond Romieu, leur grand-père, procureur et 2e consul en 1730, qui s'était agrandi (Compoix) en 1686 seulement (douze ans après le passage de Picard) de la maison du boulanger Favier située entre la sienne et le logis de la Colombe. Nous avions examiné, outre la tour Pagézy-Barrau, celles de M. Atgier, rue du Palais, 3, de Mlle Atger, rue Astruc, 4 (bâtie par M. Tioch à la fin du siècle dernier, d'après ses intéressants papiers), et de la maison située rue Sainte-Croix, 1. Toutes ces tours sont très belles et jouissent d'une vue très étendue, mais je n'ai pu trouver aucune preuve en leur faveur. Je me borne à remercier ici leurs propriétaires de la complaisance avec laquelle ils m'ont accueilli.

1. L'éclipse de soleil du 23 juin 1675 fut observée à Montpellier.

« Hæc Lutetiæ visa est 5 tantummodo digitorum : cum tamen litteræ Montepessulano missæ eam fuisse 7 digitorum testentur ». (*Du Hamel*: *Regiæ Scientiarum Academiæ historia*, 2e éd. Paris, 1701, in-4°. Lib. II. Sectio secunda, § VIII, pag. 147). Il renvoie au § V. « Die 23 Junii eclipsis solis observata quæ ex epistola a D. Gallet scripta Avenione desiit hora 5, 20 min., 40 sec.».

2. L'éclipse de soleil du 11 juin 1676 fut observée à Montpellier par Saporta et Rheile.

« Le commencement de l'éclipse parut à Montpellier à MM. Saporta et Rheile à 7 h. 52 m., sa fin à 10 h. 32 m. et le plus grand obscurcissement de 7 doigts ». (*Journal des Savants*, pour l'année 1676, numéro du lundi 14 septembre 1676, pag. 119. Recueil des observations qui ont été faites en plusieurs endroits de l'Europe sur l'éclipse de soleil arrivée le 11 du mois de juin dernier de cette année 1676).

Junius Castelnau, dans son Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier (1858), pag. 16, qualifie Rheile et Saporta de professeurs de l'Université de médecine. Or, à cette époque, nous ne les avons pas trouvés parmi les professeurs dans les registres des Actes de l'Ecole de médecine. Saporta a-t-il été confondu ici avec l'un des quatre célèbres médecins de ce nom, dont le dernier mourut en 1605 ?

J'avais soumis la question à M. le marquis de Saporta, correspondant de l'Institut, qui continuait dignement leurs traditions, et que la science a récemment perdu. Il voulut bien faire des recherches dans les riches archives patiemment accumulées par lui à Aix, mais ne put retrouver d'une manière certaine, parmi les nombreuses branches de sa famille, un astronome à identifier avec celui dont il s'agit. Toutefois ses souvenirs mentionnaient un Jean ou Pierre de Saporta « qui se piquait d'astronomie », et d'autre part il possédait deux opuscules mathématiques traduits de l'italien par un Saporta (de prénom inconnu) (*Traité de la mesure des eaux courantes*, de Benoist Castelli, religieux du Mont-Cassin et mathématicien du pape Urbain, avec un discours préliminaire adressé par le traducteur aux commissaires députés par le roi pour la jonction des deux mers. — *Traité du mouvement des eaux*, de Torricelli, mathématicien du grand duc de Toscane), les deux imprimés à Castres en 1664, le second dédié à Fermat, conseiller au Parlement de Toulouse.

L'une des branches de la famille de Saporta habitait au *Pas*

Estrech (Cette désignation des compoix indique, comme d'ordinaire, assez vaguement le quartier, car le Pas Estrech proprement dit était le coude formé par la rue de la Friperie actuelle, non loin de l'arceau jeté sur la rue Bras de Fer, mais c'est cette dernière rue qui borde l'immeuble en question). La maison de Jean Saporta fut achetée par Joseph Bonnier, Trésorier de la Bourse, et réunie par lui avec plusieurs autres qu'il fit démolir pour élever l'hôtel actuellement existant rue du Trésorier de la Bourse, n° 4. Cet hôtel a été longtemps connu sous le nom de maison Joubert, qui était celui de son dernier propriétaire avant la Révolution, Laurent Nicolas de Joubert, dernier Trésorier de la Bourse (Voir *Les Bonnier* ou une famille de financiers au XVIII[e] siècle, par mon ami M. Grasset-Morel, Paris, Dentu, 1886, pag. 29, 30, 34, 147). Après la mort de Joubert, et lors de la reddition des comptes de sa gestion, une transaction survenue entre sa veuve et les commissaires de la trésorerie nationale fit passer l'hôtel, alors dit la *grande maison*, sous l'administration du district, qui la mit en adjudication : elle fut adjugée le 26 septembre 1794 à ma grand' mère, Agathe Elisabeth Crassous, veuve Roche. Elle appartient aujourd'hui à la famille de Rodez-Bénavent. Nous avions un moment espéré retrouver, dans l'un des nombreux immeubles qui ont fini par former ce vaste édifice, la trace d'une tour ayant pu servir aux observations astronomiques de Saporta et même à celles de Picard. Cet espoir ne s'est pas réalisé.

La note de la page 16 de Castelnau est en outre complètement inexacte. Il s'agit d'une seule éclipse, et c'est à la page 119 et non 209 du *Journal des Savants.*

D'ailleurs Rheile et Saporta ne reçoivent le titre de professeurs de l'Université de médecine, ni dans l'*Histoire de la Société royale des Sciences de Montpellier* (tom. I, pag. 4), ni dans l'annonce de l'*Histoire céleste* de Danyzy (*Société libre*, tom. V, Montpellier, 1813, pag. 156). Voici d'ailleurs le texte de l'*Histoire de la Société royale*, qui contient quelques détails intéressants sur la 3[e] observation dont nous allons parler ci-après :

« On peut croire que la vue des opérations de ce savant académicien (Picard) tira quelques-uns de nos concitoyens de l'espèce d'engourdissement où ils étaient. Ce qui est certain, c'est que le *Journal des Savants* de 1676 rapporte l'observation d'une éclipse de soleil faite à Montpellier dans la même année par MM. Saporta et Rheyle. L'histoire latine de M. Duhamel parle aussi d'un passage de Mercure sur le soleil observé dans cette ville l'année sui-

vante. Quelques recherches qu'on ait faites, on n'a pu jusqu'ici se procurer le moindre détail sur cette dernière observation ».

3. Le passage de Mercure sur le soleil en novembre 1677 est en effet mentionné dans les termes suivants par Du Hamel (*loc. cit.* Sectio quarta. Caput primum, pag. 163) : « Die 5 novembris Mercurius in sole videri non potuit Parisiis ob nubes interpositas ; sed visus est Avenione, Montis Pessulani, et aliis in locis ».

Le *Journal des Savants* du lundi 20 décembre 1677 (pag. 155) ne parle pas de Montpellier, mais donne le récit de l'observation du passage de Mercure du 7 (et non du 5) novembre 1677 « faite par M. Gallet, Prévost de l'Eglise de Saint-Symphorien d'Avignon, et par M. de Beauchamp ». La date du 5 doit être une erreur de Du Hamel, qui écrivait à une époque plus récente. Cette observation est rapprochée, dans le même numéro du *Journal des Savants*, de l'observation de la conjonction de Mercure faite le mercredi 7 novembre 1631 par Gassendi. Plus loin (pag. 159) se trouvent des réflexions de Cassini, comparant « l'observation de M. Gallet à celle de M. Hévélius de 1661, qui arriva le 3 de mai ».

Danyzy (*loc. cit.*) est disposé à attribuer cette observation du passage de Mercure à Montpellier à Saporta ou Rheile, quoiqu'il n'ait aucune preuve.

NOTE IV.

Tour Plantade.

D'après le baron de Zach (*Correspondance astronomique* déjà citée, tom. IV, 1820, pag. 210, lettre du 1er mars 1820), Plantade observait dans une tour de sa maison avec de Clapiès, de Rochemore, Guilleminet. Cassini y vint en 1701, et trouva pour la latitude 43° 36′ 32″, moyenne de 43° 36′ 20″ et 43° 36′ 44″.

Or, comme cette maison est à 128 toises de la tour de la Babote (tour actuelle de l'Observatoire, place Croix-de-Fer), ce qui donne 8″,1 de différence, de Zach déduit de la latitude trouvée par lui en 1811, égale à 43° 36′ 15″,7 en ce dernier point, la valeur 43° 36′ 23″,8 pour la tour Plantade, ce qui donne une erreur de 8″ seulement à la détermination de Cassini.

De Zach donne de visu à la maison Plantade le n° 524 de la Grand'Rue.

M. E. Thomas, sans citer de références, a indiqué le n° 14 (note

de la page 21 du *Mémoire sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier*, par Junius Castelnau, qu'il éditait en 1858).

Mon frère, dans sa *Notice* déjà citée sur l'*Observatoire de l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier*, a indiqué le n° 8 de la Grand'Rue, qui représente en effet le n° 524 de de Zach : car, d'après le *Guide de Montpellier*, déjà cité, de Flandio de la Combe (1788), la maison suivante 525, portée sous le nom de Vialars, négociant, doit être le n° 10 d'aujourd'hui, effectivement possédé par M^me^ veuve Eugène des Hours, née Vialars. Aucun doute ne pouvait d'ailleurs subsister. Car, dès qu'elle avait connu par le regretté professeur Planchon l'objet des recherches de mon frère, M^me^ des Hours s'était empressée, avec une complaisance et une bonne grâce dont nous ne saurions trop la remercier, de mettre à sa disposition d'abord, à la nôtre ensuite, un plan et un modèle en relief très curieux, reproduisant en carton une partie de sa maison et de la maison voisine. Ce modèle était resté dans la maison Vialars des Hours à la suite d'un procès entre le propriétaire précédent Des Chesnes et le conseiller de Plantade, son voisin immédiat vers le haut de la Grand'Rue. Les noms de Plantade et de Deschesnes, reproduits en plusieurs points du modèle, montraient de la façon la plus nette la maison Deschesnes (Vialars des Hours) dans le n° 10 actuel, et la maison Plantade dans le n° 8. Cette preuve à l'appui de l'opinion émise dans la *Notice sur l'Observatoire* faisait l'objet d'une note rédigée par mon frère à la suite du présent Mémoire.

Malheureusement, la possession de renseignements aussi précis fit naître l'espoir d'aller plus loin encore, et de fixer dans la maison Plantade ainsi retrouvée la position exacte de la tour qui a servi aux observations : le modèle en relief ne semblait pas permettre de la confondre avec la tour actuellement existante dans cette maison et visible de la rue de la Croix-d'Or. D'où nos longues et pénibles recherches, que j'ai rappelées dans l'introduction avec celles de l'Observatoire de Picard, et qui ont si longtemps retardé la publication de ce Mémoire.

De plus, pendant que les renseignements précédents restaient inédits, une nouvelle opinion commençait à s'accréditer parmi les érudits locaux sur la fixation de la maison Plantade, qu'on mettait à tort au n° 10. La préoccupation d'arrêter définitivement ce retour en arrière nous a conduits à accumuler et à compléter, en faveur du n° 8, des preuves positives dont on trouvera peut-être le luxe excessif en les lisant ci-après.

La réunion de ces documents à distance nous a été facilitée par le précieux concours de mon ami M. Grasset-Morel, et surtout de M^lle^ Louise Guiraud, dont j'avais attiré l'attention sur cette longue controverse, et dont les liens de parenté avec le propriétaire actuel nous ont permis d'avoir communication des titres de propriété.

I. En les rapprochant des recherches déjà faites par nous-mêmes dans les compoix, je vais d'abord établir sur des textes précis, et non plus sur de simples inductions, l'exactitude de l'opinion émise par mon frère, en montrant *que la maison Plantade est bien la maison Guiraud actuelle* (n° 524 *de de Zach*, n° 8 *de la Grand'Rue aujourd'hui*).

Nous avons été heureux de voir cette opinion récemment adoptée par M^lle^ Guiraud, bien que sans indication de textes, dans une note d'ailleurs incidente de ses savantes *Recherches topographiques sur Montpellier* (*Publications de la Société archéologique de Montpellier*, 2^e^ série, 1895, tom. I, pag. 233, note).

II. Dans cette maison nous chercherons ensuite la tour qui a dû servir aux observations de Plantade, et nous trouverons que *c'est très probablement la tour actuelle.*

I.

Pour plus de clarté, je vais donner la liste des propriétaires successifs de chacune des deux maisons entre lesquelles est circonscrit le débat (car un mot suffira, chemin faisant, pour écarter le n° 14 de M. Thomas, qui doit résulter d'une erreur matérielle). Nous remontons jusqu'au commencement du XVI^e^ siècle, c'est-à-dire bien plus haut que Plantade, mais afin d'en conclure quelques renseignements intéressants.

Dans la lecture très difficile des compoix antérieurs à 1600, nous sommes heureux de nous abriter sous l'autorité de M^lle^ Guiraud.

Première maison (n° 8). — Elle est possédée au XVI^e^ siècle par *Pons Bonnefilhe*, greffier des Trésoriers de France au Bureau des finances de Languedoc. (Compoix du sixain Saint-Paul 1544, coté C C 625, aux Archives municipales, folio 50 verso).

Des hoirs de Pons Bonnefilhe (Compoix Saint-Paul 1598, C C 627, folio 369 verso), elle passe à *Pierre Grangier*, receveur des tailles au diocèse de Viviers (Brouillard du Compoix Saint-Paul 1600,

CC 647, folio 319 recto). Celui-ci acquiert en outre une maison servant d'étable, séparée de la précédente par la rue des Passagers (rue de la Croix d'Or actuelle) (Compoix Saint-Paul 1600 en un volume, coté 650, veau jaune, folio 608 verso).

La veuve de Pierre Grangier, *Antoinette d'Albenas*, cède les deux maisons le 20 janvier 1642 (Pélerin, notaire) à *Jean-Jacques de Plantade*, conseiller du roi en la Cour des comptes, aides et finances, pour règlement de comptes avec le dit Plantade, dont elle avait doté la première femme Marthe d'Albenas sa nièce.

Jean-Jacques de Plantade les laisse en 1645 à son fils *Etienne de Plantade*, aussi conseiller à la même Cour (Compoix Saint-Paul après 1600, tom. II, coté C C 663, basane verte, actuellement jaune, folio 612, recto).

Elles passent toutes deux d'Etienne à son fils *François de Plantade*, avocat général à la même Cour, par jugement du 9 novembre 1719 (Compoix Saint-Paul 1600 veau jaune, tom. II, coté CC 649, folio 690 recto, et Compoix St-Paul 1738, tom. II, coté C C 674, folio 171 recto). *François de Plantade est précisément notre astronome*, et il faut chercher la maison où il observait parmi celles qui figurent ici sous son nom; car, selon l'usage, les autres immeubles, même situés dans d'autres îles, figurent à la suite de la maison principale. Or on ne trouve à la page 171 ci-dessus indiquée, et aux suivantes, que les deux maisons précédentes, ainsi désignées :

«Une maison à la rue de la Coutelarie, confronte d'une part M^r^ le Cons^r^ de Varanda, d'autre hoirs de M. de Saint-Brès [1] et deux rues. — *Item* une maison servant d'estable à la rue des Passagers confronte de deux parts M^r^ Guillaume Clausel, d'autre Jean Rat et la rue (le 13 janvier 1760 changé sur M. Hostalier, suivant acte reçu par M^e^ Auteract, notaire, le 4 mars 1758) ».

Il y a accord entre ces indications de confront et celles des compoix précédents que je n'ai pas reproduites pour abréger.

La rue de la Coutellerie, antérieurement rue de Tropassen, puis des Trespassans, est aujourd'hui la moitié haute de la Grand'Rue, jusqu'à Saint-Côme, et la rue des Passagers est la rue de la Croix d'Or: cette identification, bien connue de tous les archéologues montpelliérains, se trouve en particulier dans les *Recherches* déjà citées de M^lle^ Guiraud (p. p. 183 et 191). Ce sont les *deux rues* que

[1] La maison de Saint-Brès n'est autre que la maison de Candillargues (n° 523 du Guide de Flandio), d'où complet accord, puisque nous allons conclure pour celle que nous étudions le n° 524. Mais je n'insiste pas.

confronte la grande maison, l'étable confrontant la Croix d'Or seule.

De ces deux maisons, la seconde (l'étable) ne peut être celle que nous cherchons. C'était, en effet, une maison basse, impropre à des observations astronomiques, située vis-à-vis de la première de l'autre côté de la rue de la Croix d'Or, dans l'île Flaugergues. Tous ces détails résultent de l'acte de vente cité plus haut d'après le compoix, et que j'ai retrouvé, en date du 5 et non du 4 mars 1758, grâce à la complaisance de Me Mascon, notaire, dans les minutes de son étude. Par cet acte, «Marie Eleine de Plantade, épouse de Joseph de Lavergne Montbazin, fille de François de Plantade [1], vend à Daniel Jean Gaspard Hostalier, seigneur de Veyrac, conseiller à la Cour des aides, une maison située au sixain Saint-Paul (Ile Flaugergues, rue de la Croix d'Or)» en lui imposant une servitude de non-élévation, qui s'est perpétuée jusqu'à nos jours et permet de la reconnaître, pour laisser du jour à la grande maison qu'elle gardait.

Celle-ci, qui reste seule à répondre à notre objet, et qui, nous venons de le voir dans le compoix, avait une façade sur la Grand' Rue et une autre sur la Croix d'Or, passa de *Marie de Plantade* à ses enfants le *Chevalier de Lavergne de Tressan-Montbazin*, et la *Chanoinesse Delphine de Lavergne de Tressan-Montbazin*.

Leurs deux parts passèrent ensuite à *Jean-Jacques Brunet*, négociant à Montpellier :—la première par décret du 30 juillet 1785 obtenu par les créanciers du chevalier, et envoi en possession le 18 août 1785 (Bonfils, notaire) ; — la seconde par acte reçu le 17 avril 1788 par Me Bonfils, notaire (minutes dans l'étude de Me Bort). *Le nom de Brunet figure en effet dans le Guide de Flandio, au numéro* 524 *indiqué par de Zach.*

C'était un amateur distingué d'astronomie[2], et ses observations

[1] Lequel était mort en 1741, sans enfants mâles. Son nom est encore porté dans notre ville par les descendants de son frère Gaspard René, trisaïeul de M. Louis de Plantade. La famille de La Vergne est représentée aujourd'hui par M. le Mis de La Vergne de Tressan, ancien officier supérieur de cavalerie, et son fils.

[2] Voir quelques détails sur Brunet dans le *Mémoire* déjà cité de J. Castelnau (pag. 168) et dans la Notice de M. Thomas qui l'accompagne (pag. 260 et 295). Il possédait le château de La Vérune, dont l'ancienne chapelle renferme encore le tombeau de son fils, que nous décrivait récemment M. Gaudin, l'érudit bibliothécaire de la ville de Montpellier. Une notice d'Amoreux sur Brunet est citée par Castelnau d'après Roubieu, comme ayant été couronnée par la Société d'Agriculture de Paris (*sic*). On la croyait perdue, quand, sur les complaisantes indications de M. Roger Azaïs, et grâce à la haute protection de M. Félix Sahut, correspon-

ont dû être faites dans cette maison, qu'il avait réparée avec beaucoup de soin, telle qu'elle est aujourd'hui, en employant des pierres provenant de la démolition de l'église Notre-Dame-des-Tables (place actuelle du Marché aux Colonnes). Il n'en jouit pas longtemps. Il perdit toute jeune sa fille, pour laquelle il avait fait aménager de magnifiques appartements de réception. Il mourut lui-même peu après, ce qui explique le passage cité plus haut (note II) du registre de 1806 de Flaugergues: « Jay acquis de Madame Brunet un cercle repetiteur et jay acheté plusieurs livres de mathematiques et d'astronomie ».

Jean-Jacques Brunet laissa la maison à son fils *Jean-Eugène Brunet*. Celui-ci, qui avait fait une chute de cheval, mourut le 11 janvier 1816, et ses héritiers vendirent, le 5 mai 1816, leurs droits successifs à sa mère *Françoise-Henriette de Palézieux Falconnet*, veuve de Jean-Jacques Brunet. Elle resta seule et sans locataire dans cette maison, et y mourut le 21 janvier 1827, la laissant à *MM. Auguste et François de Palézieux Falconnet*, banquiers à Naples, qui la vendirent le 31 mai 1827 à *M. Bruyas*, banquier à Montpellier (minutes de M^e^ Péridier, notaire, à qui j'adresse les mêmes remerciements qu'à MM^es^ Mascon et Bort). M. Bruyas [1] fit

dant de la Société Nationale d'Agriculture de France, nous avons récemment réussi à la découvrir, sous la date de 1822, à la bibliothèque de cette Société (18, rue de Bellechasse, à Paris), dans un recueil de notices biographiques manuscrites (1788-1829) reliées en un volume coté 40.

Le rapport de Vincens Saint-Laurent qui lui fit décerner le prix a été imprimé dans les *Mémoires publiés par la Société royale et centrale d'Agriculture* (1823, tom. XXVIII, pag. 96).

Cette notice de 16 pages donne beaucoup de détails intéressants sur les essais et innovations agricoles du domaine de La Vérune. Quelques mots à peine sont consacrés aux observations astronomiques de Brunet, malheureusement sans indications précises d'aucune espèce. On y lit qu'il mourut à Paris, dans un dernier voyage dont la date n'est pas indiquée, et ce détail explique l'insuccès de nos longues recherches de son acte de décès à Montpellier.

Le catalogue de sa bibliothèque fut dressé par Renaud et Debure, et imprimé à Montpellier en l'an VIII. Il existe, avec beaucoup des livres qu'il mentionne, à la bibliothèque de la ville de Montpellier, où vient d'être déposée une copie de la Notice d'Amoreux.

[1] Les détails consignés dans ces deux paragraphes proviennent des souvenirs personnels de M^me^ Alicot, fille de M. Bruyas, que les bonnes œuvres de Montpellier ont perdue il y a quelques années, et à qui j'aurais été heureux d'offrir ici l'hommage de ma respectueuse gratitude. Ils sont en parfait accord avec l'un des *Mémoires historiques sur Montpellier et sur le département de l'Hérault par feu*

seulement refaire l'escalier usé et établir la fontaine qui est dans la cour, mais n'opéra aucun autre remaniement important. Parmi les dates précédentes, celles qui ne portent pas d'indication d'origine m'ont été gracieusement fournies par *Me Guiraud, avoué*, qui a récemment acquis les deux parts de M. Alfred Bruyas et de Mme Alicot, héritiers de M. Bruyas, dans la possession de cette maison, et qui a bien voulu mettre ses titres de propriété à la disposition de sa cousine Mlle Guiraud et à la mienne. Je lui en adresse ainsi qu'à elle mes plus vifs remerciements.

C'est donc un point aujourd'hui acquis : la maison de Plantade, où il fit ses célèbres observations, est la maison appartenant actuellement (1898) à Me Guiraud, avoué, et portant le n° 8 de la Grand' Rue [1].

Deuxième maison (n° 10) (dont l'histoire n'ajoutera rien à la certitude précédente, mais fournira la réfutation directe de certaines inductions contraires, avec plusieurs détails inédits et intéressants).

Elle est possédée au XVIe siècle par *François de Lausergue* (probablement de Lauselergue), et figure ensuite au Compoix Saint-Paul 1544 (coté CC 625, folio 42, recto) au nom de *Nicolas de Mourgues*.

Elle fut vendue le 7 octobre 1577 (Jehan Solier, notaire) à *Ramond Maurel*, conseiller du Roy et contrôleur général de ses finances en Languedoc (même page). Un arrêt du Parlement de Toulouse la fit passer le 21 mars 1586 à *Claude de Martin*, sieur de Beaujeu, et *Jehane de Mourgues* sa femme. Le compoix Saint-Paul 1598 (coté CC 627) nous la montre en effet dans l'île de Jean Rat (folio 363), qui fut plus tard appelée l'île Plantade (Compoix 1600 ancien), passant (folio 369 recto) de Jehane de Mourgues à *David de Varanda*, conseiller du Roy au siège présidial — et gouverneur de

J.-P. Thomas, archiviste de la Préfecture, Paris, Gabon, 1827, où l'auteur rapporte (pag. 333) l'ordre de démolition de Notre-Dame des Tables pour bâtir un temple de la Raison au Peyrou (14 janvier 1794) et ajoute (pag. 335, note) que l'entrepreneur fut autorisé à vendre quelques matériaux à son bénéfice ; — mais non avec la date (1789) du mémoire de plâtrier cité plus loin.

[1] Ce n'est donc pas le n° 14 de Thomas, puisque, nous l'avons vu, Plantade n'avait pas d'autre maison, dans l'île, que celle que nous venons de suivre. Le n° 14 correspondrait d'ailleurs à la maison n° 527 (Ve Fournier) de Flandio, dont la propriétaire au temps de Plantade n'avait aucun rapport connu avec lui (c'est Boyer dans un plan de feudiste de l'île Plantade, un peu antérieur, où figure encore Mme de Plantade entre Deschesnes-Vialars et de Candillargues).

Montpellier (Compoix Saint-Paul 1600, CC 650 veau jaune, folio 606 recto). Nous avons effectivement vu le nom de Varanda cité dans les confronts donnés plus haut à la première maison (Plantade). Elle répond, elle aussi, à deux rues, c'est-à-dire à une façade sur la Grand' Rue et une autre sur la Croix d'Or, et par suite forme le seul confront de ce côté.

Des Hoirs de Varanda la maison passe en 1661 à *Jean Raulin*, avocat en la cour du parlement et chambre de l'Edit de Castres, (Compoix Saint-Paul après 1600, basane verte, tom. II, coté CC 663, folio 611, recto).

En fait, de David Varanda la maison avait passé par héritage à M^me^ Violan de Varanda, qui la donna à Anne de la Faverie, épouse de Louis de Greffeuille, trésorier général de France, lequel figure en effet en 1676 dans la *Rubrique*, déjà citée, *du Levoir de Montpellier* (bibliothèque municipale, pag. 100-101, n° 597). D'après le même Levoir, elle passa de lui à un sieur Causse.

Et, en effet, nous trouvons dans les titres de propriété la trace de divers décrets, rendus probablement à propos d'hypothèques, l'un notamment par la chambre de l'Edit le 20 novembre 1658 à la requête de Jean Rauly (Raulin du Compoix), héritier de Pierre (*sic*) et sous le nom duquel la jouissance fut exercée pendant plus de trente ans par Guillaume de Causse, seigneur de Cleyran, Marvejols, Anglas et autres lieux. Celui-ci en devint d'ailleurs seul propriétaire par une transaction avec Paul Dupont de Gault, qui avait quelques droits sur l'immeuble comme héritier d'Etienne de Varanda son oncle (25 septembre 1703, Bissez, notaire à Montpellier).

Le testament de Guillaume de Causse, ouvert le 20 mai 1707 chez sa veuve malade devant le juge-mage Jacob de Bornier, attribuait la jouissance de la maison à sa veuve Henriette-Emelie Guidaireboudouze et la propriété à son héritier universel Jean-François de Cadoulle (*sic*). Enfin, le 18 février 1716, Jean-François de Cadolle vendit la maison à Pierre Garnier, sieur Deschesnes, avocat (M^e^ Deleuze, notaire à Lunel, minutes de M^e^ Reboul, à qui j'adresse tous mes remerciements).

C'est ainsi que, dans le Compoix Saint-Paul 1600 (tom. II, CC 649, folio 716), la maison est transférée de *Jean Raulin* à *Pierre Garnier Deschesnes*. C'est celui que nous avons vu figurer dans le modèle en relief. Très endetté, quoique trésorier de France, il la vendit le 14 août 1755 (Chaleil, notaire) à *M. David Vialars*.

Celui-ci la transmit, quelques années avant la Révolution, à son

fils *M. Pierre Vialars*, époux Pomier, lequel la laissa à l'un de ses fils *M. Frédéric Vialars*, père de Mme des Hours, propriétaire actuelle, à laquelle nous devons les renseignements précédents extraits des titres de propriété et complétant les indications des compoix. En particulier, ceux qui sont antérieurs à Deschesnes sont consignés par lui dans des mémoires manuscrits rédigés pour son différend avec son voisin Plantade, et d'où M. Jules Pagézy a bien voulu les extraire pour nous. *Cette maison porte le n° 10 de la Grand'Rue.*

L'histoire de cette seconde maison (n° 10) appuie la désignation que nous avons déjà définitivement établie de la première (n° 8) comme maison de Plantade, par un parfait accord pour les confronts à toutes les époques (je ne les ai indiqués qu'une fois, mais le nom cité comme confront à l'une est toujours celui du propriétaire de l'autre).

En outre, cette histoire fait ressortir deux points intéressants : 1° elle présente assez de noms pour expliquer la présence de la lettre P qu'on a trouvée dans l'ornementation de son escalier, et qui pouvait fournir une *induction* pour y voir la maison *de Plantade* (elle aurait représenté l'initiale de ce nom), tant qu'on ne connaissait pas les *preuves positives* que nous avons données en faveur de la maison voisine n° 8 ; 2° elle ne présente nulle part le nom de Plantade, non seulement de 1706 à 1738 (époque des observations qui nous occupent, mais même au XVIe siècle, comme on l'a cru un moment, en y plaçant le séjour de Montmorency en 1597.

Développons ces deux points.

1° D'abord, à l'extrémité inférieure de la rampe de l'escalier de ce n° 10, on voit à hauteur d'appui trois monogrammes juxtaposés qui, à partir d'en bas, présentent très nettement les lettres suivantes : deux P, deux D, deux G. Nous y lisons les initiales de Pierre Garnier Deschesnes, le nom principal Deschesnes figurant au milieu.

Plus bas, un peu au-dessus du soubassement, on remarque un quatrième monogramme, en traits plus grêles, visiblement ajouté à une époque postérieure, présentant un V et deux D entrelacés : la présence d'un médaillon tout à fait analogue à la maison de campagne de Méric (à Mme Gaston Bazille, sœur de Mme des Hours) ne laisse pas de doute sur la signification de celui-ci : ce sont les initiales de David Vialars, bisaïeul de ces dames.

Enfin, au palier du premier étage, la balustrade porte à son centre un médaillon de plus grande dimension, dont la lecture est moins nette, mais l'explication facile dans toutes les hypothèses. On peut y lire deux P et deux G (Pierre Garnier), ou deux P et deux C (Pierre des Chesnes, ce nom s'étant écrit quelquefois en deux mots). On pourrait encore à la rigueur y voir à la fois deux P, deux G et deux D (Pierre Garnier Deschesnes), si l'on admet que les traits puissent être associés de façons différentes pour former plusieurs lettres.

2° « Pendant les différents séjours que fit à Montpellier le duc de Montmorency, il logea en 1597 dans la maison du juge de Plantade (actuellement n° 10 de la Grand-Rue) », dit le Dr Léon Coste dans son mémoire sur *Les transformations de Montpellier depuis la fin du* XVIIe *siècle jusqu'à nos jours* (Société languedocienne de géographie, 1er et 2e trimestre 1892), tom. XV, note de la page 150).

Cette indication, tout à fait incidente d'ailleurs, et sans références, semble être le résultat d'une confusion matérielle. Elle ne paraît pas compatible avec le compoix déjà cité de 1598 (Saint Paul, coté 627), qui montre la maison n° 10 passant à cette époque de Jeanne de Mourgues à David de Varanda, et n'attribue aux Plantade aucune autre maison dans la même île.

Comment devrait-elle être rectifiée? Bien que ce point sorte de notre sujet, nous ne voulons pas laisser perdre, pour les érudits locaux qui voudraient l'approfondir, la mention suivante relevée au même compoix de 1598 (folio 283), dans l'île de Noble Anthoine de la Croix, Sr de Lunel-Viel (île Tremolet de Flandio, île actuelle de Saint-Côme) :

«Sire Estienne Plantade, une maison à la rue de la Sonerye (Saunerie, moitié inférieure de la Grand-Rue actuelle), respond à deux rues confronte d'une part Etienne Menard Jeane Campanhane, d'autre Pierre Campanhan, etc. ».

On rencontre au Sixain Sainte-Foy d'autres Plantade sur le côté opposé de la Grand'Rue, mais ils ne paraissent pas appartenir à la même famille : plusieurs sont des bourgeois ou même des artisans. Au contraire, Sire Estienne Plantade semble pouvoir être identifié, non certes avec le fils de Jean-Jacques de Plantade, dont nous avons déjà parlé plus haut dans cette note IV (liste des propriétaires de la *première maison*), mais avec le père de ce Jean-Jacques qui portait aussi le prénom d'Etienne d'après l'*Armorial de Languedoc*

de M. de Laroque. Or Jean-Jacques figure comme juge ordinaire de 1599 à 1616 dans l'*Histoire de la ville de Montpellier* de d'Aigrefeuille (édition de 1737, observations sur les anciennes juridictions, consulat de ville, page 582), et il est qualifié de juge de la Cour royale ordinaire de Montpellier dans les actes de baptême des enfants qu'il eut de sa première femme Marthe d'Albenas (Archives municipales, registres des baptêmes de Notre-Dame-des Tables, GG. 208, Anthoinete 24 février 1611, GG. 209 Magdeleine 6 octobre 1613, Henry 22 février 1615, Catherine 31 octobre 1617), et son fils Henry eut précisément pour parrain le duc de Montmorency de Dampville.

Resterait à savoir si, en 1597, il demeurait encore dans la maison de son père au bas de la Grand'Rue, et à fixer d'ailleurs la position de cette maison. Mais, comme il n'épousa Marthe d'Albenas qu'en 1609, il ne demeurait probablement pas encore dans celle de Pierre Grangier et Antoinette d'Albenas, qui fait l'objet de cette note (n° 8), et qui lui fut définitivement cédée, nous l'avons dit, en 1642. Marthe d'Albenas fut enterrée à Sainte-Anne le 17 janvier 1628 (registre mortuaire de Saint-Firmin, GG. 7), mais ce détail, vu la date à laquelle il se rapporte, ne constitue pas une indication même approximative du domicile de la défunte.

II.

Reste enfin la question de savoir si la tour qui a servi aux observations de Plantade est celle qui existe encore dans la maison Guiraud (n° 8), élevée de six étages (deux au-dessus du toit), et offre un aspect imposant quand on vient de la rue de l'Argenterie par celle de la Croix-d'Or. Nous l'avons représentée sous le nom de *Tour actuelle* dans le plan ci-joint (planche II), et nous la désignerons ainsi dans la suite.

Cette tour n'existe pas sur le modèle en relief, contemporain de notre astronome; mais ce n'est pas une objection. Car ce modèle, dressé pour régler des difficultés de mitoyenneté entre Plantade et Deschesnes, ne comprend que la partie de la maison Plantade voisine du mur mitoyen, et ne s'étend pas jusqu'à l'emplacement de la tour actuelle.

Seulement ce modèle présente dans la maison Plantade (Guiraud) une autre tour couverte, élevée seulement de quatre étages au-dessus du rez-de-chaussée, et située dans la partie mitoyenne

de la maison Deschesnes (Vialars des Hours), ce qui ne permet pas de la confondre avec la tour actuelle située de l'autre côté de la cour de la maison Guiraud. Nous l'avons représentée et la désignerons sous le nom de *tour ancienne*. Elle n'est plus visible aujourd'hui de la rue, ni de la cour, ni même du jardin de la maison des Hours voisine. Mais, en montant aux étages supérieurs de cette maison voisine, dont M^me^ Pagézy des Hours nous a gracieusement fait les honneurs, on en voit très nettement les restes. Elle est englobée dans la reconstruction de la maison Guiraud, élevée aujourd'hui jusqu'au quatrième étage, par Brunet probablement, comme nous l'avons raconté ; elle ne présente plus extérieurement qu'un pan de mur, celui qui surplombe le toit d'une partie de la maison des Hours.

La présence de deux tours dans une même maison étant étrange, il était naturel de se demander si la tour actuelle n'avait pas été : 1° annexée à la maison Plantade par l'acquisition d'un immeuble voisin, ou 2° bâtie à une époque plus récente. Dans les deux cas, elle n'aurait pu servir aux observations de Plantade.

Ecartons successivement ces deux hypothèses.

1° La première hypothèse, à laquelle nous nous étions arrêtés jusqu'à ces derniers temps, s'appuyait surtout sur l'un des plans de feudistes déjà cités, dressés au siècle dernier et conservés aux Archives municipales. Ce plan, qui représente l'île Plantade (26^e^ du sixain Saint-Paul quoique 31^e^ dans Flandio) donne pour confronts à la maison Plantade :

— sur le devant (Grand' Rue) la maison Candillargues, qu'il ne fait pas aller jusqu'à la Croix d'Or,

— sur le derrière la maison Mouton, c'est-à-dire l'hôtellerie de la Croix d'Or (Voir les *Recherches* déjà citées de M^lle^ Guiraud, pag. 191), plus tard maison Mouton de la Clotte.

Nous pensions que cette hôtellerie avait pu comprendre autrefois, non seulement le n° 5 actuel, mais aussi le n° 7 de la Croix d'Or ; elle aurait été démembrée plus tard : une partie, contenant la tour actuelle, aurait été achetée par Brunet pour remplacer la tour ancienne englobée dans sa reconstruction ; une autre partie aurait été achetée par les hoirs de Candillargues, dont la maison (Fabrège, n° 6) traverse aujourd'hui sur la Croix d'Or.

Mais ces plans de feudistes, s'ils constituent une autorité pour établir la présence dans une île d'un immeuble déterminé, ne méritent pas une créance complète quand il s'agit de fixer la situa-

tion respective et les limites de deux immeubles. Dans le cas actuel, leurs indications sont formellement contredites par celles des compoix, autrement précises, que nous allons rappeler.

Depuis 1598, ils donnent tous comme confronts à la maison Plantade, vers le haut de la Grand' Rue, la maison Candillargues seule, sous les divers titres qu'elle a portés à différentes époques avec la famille de ce nom (au compoix de 1598 noble François de la Croix, S[r] de Saint-Brès ; aux compoix de 1600, hoirs de M. de Saint-Brès, et de même au compoix après 1600 et à celui de 1738 ; au Levoir, noble Jean de la Croix, seigneur de Candillargues).

De plus cette maison de Candillargues traverse sur les deux rues (Grand' Rue et Croix d'Or) au moins depuis 1600[1].

Enfin la maison Mouton confronte Candillargues et jamais Plantade[2].

En résumé, et sans remonter au XVI[e] siècle, il est certain qu'aux trois époques immédiatement antérieure, contemporaine et postérieure à notre astronome Plantade, sa maison n'a jamais confronté Mouton, mais seulement Candillargues, et cela d'une rue à l'autre. *Elle n'a donc pu s'accroître après lui d'une portion achetée à Mouton.*

Se serait-elle accrue d'une portion achetée à Candillargues ? Nous ne pouvons pas non plus l'admettre après avoir examiné, dans le dossier de M. Guiraud, une transaction du 11 décembre 1736 entre notre astronome François de Plantade et sa femme, d'une part, et M. de la Croix de Candillargues d'autre part, au sujet d'une servitude de vue. Ce document confirme d'abord et

[1] Compoix 1598, coté 627, folio 370 verso.
Brouillard du Compoix 1600, CC 647, folio 319 verso.
Compoix 1600 CC 650, folio 609 verso.
Compoix 1600, tom. II, CC 649, folio 694 recto.
Compoix après 1600 CC 663, folio 613 recto.
Levoir pag. 101 n° 599.
Compoix 1738, CC 674, folio 172.
J'ai tenu à accumuler les textes précis, puisqu'il s'agissait de contredire formellement l'indication d'un plan.

[2] Compoix 1600 CC 650 folio 621.
Compoix 1600, tom. II, CC 649 folio 704 recto.
Compoix après 1600, tom. II, CC 663 folio 624 recto.
Levoir, pag. 101, n° 606.
Compoix 1738, folio 179.

résume ce que nous venons de dire : car il montre Candillargues confrontant Plantade « depuis la rue des Messagers ou de la Croix d'Or jusqu'à la rue de la Coutellerie ou de la Grand' Rue ». Mais de plus la description de la partie mitoyenne entre Plantade et Candillargues semble reproduire l'état actuel des lieux entre MM. Guiraud et Fabrège. Il n'y a donc pas achat aux hoirs de Candillargues par les hoirs de Plantade. Bien au contraire, ce document fait allusion, pour expliquer l'origine de la servitude, à un achat (bien antérieur puisqu'il n'a pas laissé de trace dans les compoix cités) aux auteurs de Plantade par les auteurs de Candillargues. C'est ce qu'on voit en effet sur le plan qui accompagne le modèle en relief : en 1475, la maison Plantade et la maison Candillargues étaient réunies entre les mains de Bertrand Seriès.

D'ailleurs, si les successeurs de Plantade avaient acheté la tour actuelle, on devrait retrouver l'acte d'achat dans le dossier très complet et très bien tenu de M. Guiraud : or il n'en contient pas trace.

Nous concluons que la tour actuelle n'a pas été annexée à la maison Plantade après notre astronome.

2° Seconde hypothèse : si la tour actuelle n'a pas été *achetée*, n'a-t-elle pas été *construite* à une époque plus récente ?

Le même dossier va nous permettre de répondre encore négativement.

Après avoir acheté la maison Plantade [1], Brunet en fit faire par Pierre Nougaret, architecte, et Barthélemy Alaus, menuisier, un examen détaillé, dont le procès-verbal, daté du 12 octobre 1788, est resté dans ce dossier. On y lit tout au long (pag. 79) la description de la tour actuelle, à laquelle on arrivait comme aujourd'hui par des marches établies sur l'un des murs de la cage du grand escalier. Ce n'est donc pas Brunet qui a fait construire cette tour, et, comme on ne peut guère l'attribuer à la fille et aux petits-enfants de Plantade, *nous devons conclure qu'elle existait du temps de cet astronome.*

De plus, la même expertise mentionne constamment, outre le grand escalier, un petit escalier de service que nous croyons pou-

[1] Et avant d'en entreprendre la réparation, car les experts sont nommés par contrat du 27 avril 1788 (Bonfils, notaire) 10 jours seulement après l'acte d'achat définitif déjà cité, pour procéder à la vérification de l'état actuel de la maison acquise des hoirs de La Vergne ; — et d'ailleurs plusieurs parties sont indiquées comme en mauvais état et ayant besoin de réparation.

voir identifier avec la tour ancienne, d'après sa position et sa description. Le nombre des fenêtres de la tour ancienne dans le modèle en relief (cinq échelonnées sur une hauteur de quatre étages) vient confirmer cette manière de voir.

Enfin la démolition de cette tour ancienne a laissé des traces dans un compte de Dessalle, plâtrier, où on lit à la date du 20 janvier 1789 : « avoir réparé le couvert de la maison de Monsieur Vialla [1] que le maçon avait dégradé en démolissant la tour ». Ce ne peut être la tour actuelle, qui est très loin de la maison Vialars : c'est la tour ancienne, qui la touche et la surplombe, et qui, n'ayant que quatre étages, fut englobée dans la construction du 4e étage actuellement existant sur la cour Guiraud, au-dessus du 3e seul existant dans l'expertise.

Quant à la tour actuelle, elle dut être réparée, car nous lisons plus loin : « avoir échafaudé aux façades de la tour pour les enduire, etc. »

Mais, faute de comptes du maçon, nous ne pouvons préciser le nombre d'étages qu'elle avait alors, la maison se composant d'ailleurs de plusieurs corps d'inégale hauteur, dont la distinction est très difficile dans l'expertise. Nous nous bornons à mentionner des souvenirs un peu vagues, transmis par M. Guiraud, d'après lesquels le 6e étage de la tour actuelle aurait été aménagé et peut-être même construit dans ce siècle par M. Alfred Bruyas, qui y installa son atelier de peinture et de photographie. Mais il semble résulter du compte même du plâtrier qu'on n'a fait, en 1789, que recrépir les murs de la tour actuelle sans l'élever, et qu'elle avait par suite déjà au moins 5 étages, un de plus que la tour ancienne.

Entre deux tours d'inégale hauteur, et dont l'une n'était que la cage d'un petit escalier, *Plantade avait dû choisir la plus haute et la plus large, la tour actuelle. Quant à Brunet, il n'avait plus à choisir, cette tour actuelle lui restant seule.*

Nous insisterons pourtant encore sur une dernière difficulté qui nous a longtemps arrêtés, et qui a été levée et transformée en argument favorable par les recherches de M. G. Bigourdan dans les papiers de Cassini et de Delisle à l'Observatoire de Paris (je lui réitère ici mes vifs remerciements). Les fenêtres de la tour actuelle, bien que situées sur les quatre faces, étaient-elles assez grandes pour se prêter à des observations ? Mais Plantade lui-même ne la

[1] Le toit de la maison Vialars.

trouvait pas fort commode en effet, témoin ce passage d'une lettre à Maraldi, datée du 23 janvier 1725[1] : « Si j'avais un endroit fixe et commode pour observer et qui fût en même temps solide, je vous fournirais plus d'observations pendant l'hiver seul que vous n'en pouvez faire dans toute l'année à l'Observatoire.... Mais vous savez quelle peine c'est et quel embarras quand à chaque observation il faut porter çà et là des instruments, et réduire ensuite ses opérations ». Cette réflexion semble faite pour la tour telle que nous la voyons, avec ses petites fenêtres, et pour des instruments de grande dimension, dont l'un est cité dans une lettre écrite de Marseille, le 10 janvier 1750, par le P. Pézenas à Delisle, et lui racontant qu'il fait bâtir une tour «pour une grande machine parallactique que j'ai achetée des héritiers de M. de Plantade[2]». Toutefois, l'infatigable astronome ne se laissait pas arrêter par ces difficultés matérielles, quand il s'agissait de profiter du beau ciel de Montpellier je n'en : citerai pour preuve que les observations relatées, comme faites par lui dans sa tour de 1706 à 1726, à la suite du mémoire de de Zach (*Bulletin* déjà cité *de la Société libre*, tom. IV, pag. 393, 1811), et suivies d'autres faites dans la même tour par d'autres observateurs de 1734 à 1738[3]. En particulier, pour l'observation du passage de Mercure sur le soleil du 9 novembre 1723, on lit dans les papiers de Delisle : « M. de Plantade fit cette observation à sa tour ».

[1] Observatoire de Paris. Archives. B 4-12.

[2] A rapprocher de cette phrase de Plantade, rendant compte de l'éclipse de soleil du 25 septembre 1726, à la page 282 des Mémoires de la Société royale (*Histoire de la Société royale*, tom. I) : « Je ne pus me servir du micromètre, à cause que, dans la Tour où je fis l'observation, je ne pouvais pas placer la machine parallactique ».

[3] Et aussi sa correspondance avec « son cousin » Cassini (Observatoire, Archives, *ibid.*). On trouve dans le même dépôt (B. 1-7) la copie d'une lettre de Delisle (20 septembre 1752) demandant à Guilleminet de lui marquer sur un plan de Montpellier les divers lieux où il a été fait des observations par Picard, Plantade, Clapiès, et de lui indiquer la position de l'Observatoire. Le 27 novembre 1752, Guilleminet répond à Delisle : « Je suis à la veille de donner un mémoire des observations que j'ay faites pour determiner la position exacte de l'Observatoire, en latitude et en longitude : ce memoire contiendra aussy les différentes hautrs du Pole observées à Montpellier par MM. Picard, Cassini, Plantade, etc., avec les distances depuis les lieux ou les observations ont este faites jusques à l'Observatoire. Au surplus par les observations que j'ay faites depuis quatre ans la hautr du pole à l'Observatoire est de 43° 36′ 31″, cependant je ne l'employe que sur le pied de 43° 36′ 30″ ».

Pour résumer cette longue note, nous concluons:

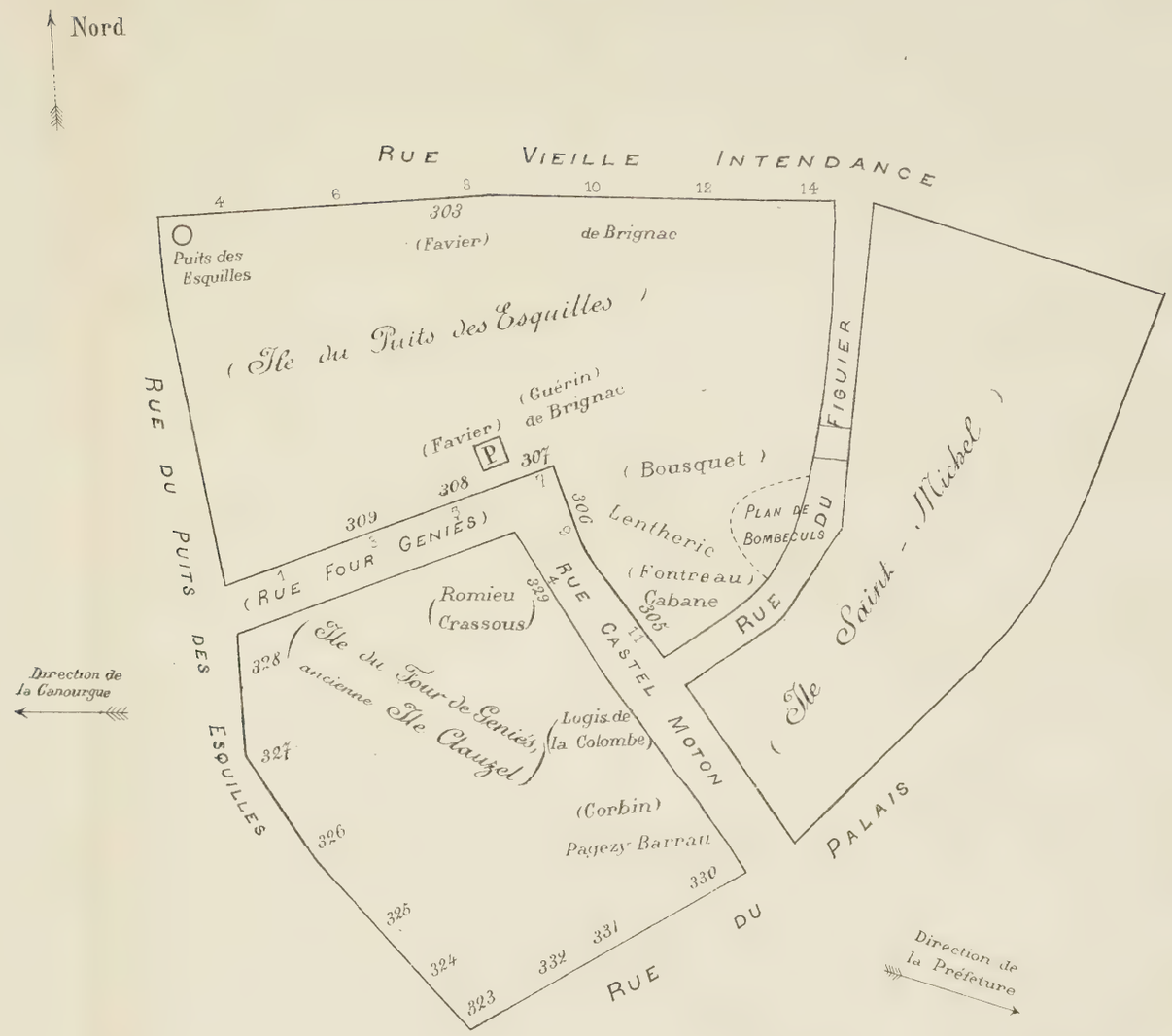
I. — Il est *définitivement établi* que la maison où a observé Plantade est la maison Brunet (n° 524 de Flandio), aujourd'hui Guiraud (n° 8 de la Grand'Rue).

II. — Il est *très probable* qu'il a observé, non dans la tour ancienne, aujourd'hui englobée dans le quatrième étage, mais dans *la tour actuelle*, encore existante et visible de la Croix-d'Or, qui avait peut-être un étage de moins qu'aujourd'hui.

Enfin c'est *certainement* cette tour actuelle qui a servi aux observations de Brunet.

OBSERVATOIRE DE PICARD

(désigné par la lettre [P] sur ce plan.)

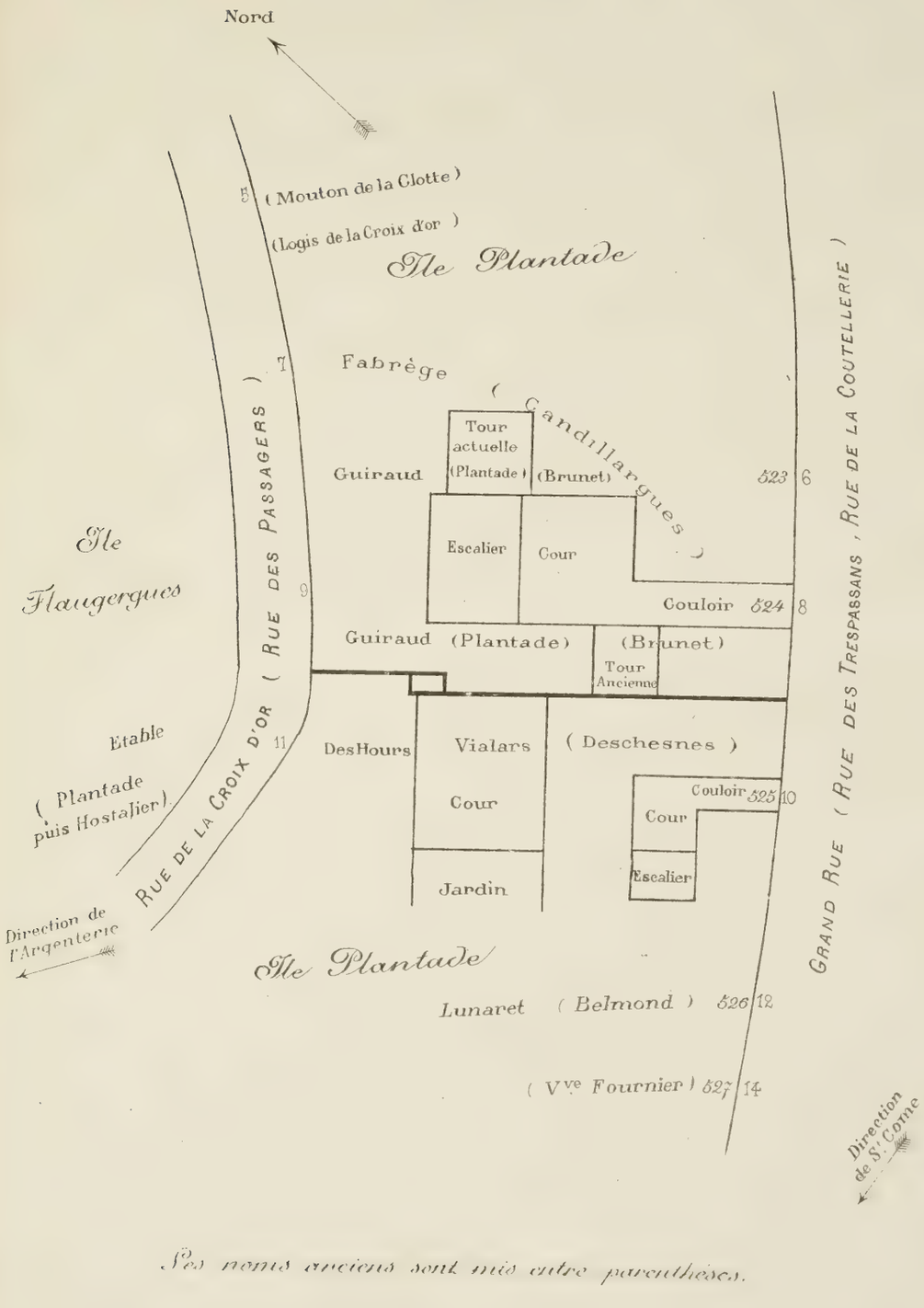


Les noms entre parenthèses sont ceux du Guide de Flandio ou des époques antérieures. Les autres sont les noms actuels.

Lith. Lelord-Boehm & Martial Montpr

TOUR PLANTADE

désignée sous le nom de Tour actuelle



Les noms anciens sont mis entre parentheses.

Fascicule 2 (1856). P. Gervais (5), Ch. Martins (4), Marcel de Serres (5), E. Roche, Chancel, P. de Rouville, Legrand, Viard, Jeanjean, Marès... 8.50

— 3 (1857) H. Marès, E. Roche, Marcel de Serres (3), Le Rique de Monchy (2), Viard, Lenthéric neveu, G. Chancel (2), Parès, P. Gervais (3). 8

Tome IV (1858-1860)..... 23

Fascicule 1 (1858). P. Gervais (2), Montrouzier, Chancel, Marcel de Serres, Berger, Le Rique de Monchy (2), Lenthéric, Reynès et de Rouville, Graff, E. Roche (2)..... 6

— 2 (1859). P. Gervais (2), E. Roche, Lenthéric, Marcel de Serres (3), E. Rouché, Raynaud, Chancel, Diacon, Cazalis de Fondouce, Ch. Martins. 9

— 3 (1860). Ch. Martins, P. Gervais (2), E. Roche (3), Désormeaux, Marcel de Serres (3], Cazalis de Fondouce, Lenthéric..... 6

Tome V (1861-1863)..... 23

Fascicule 1 (1861). E. Roche (2), Diacon (2), Lenthéric, Moitessier, Martins, P. Gervais, Chancel..... 10

— 2 (1862). Martins, E. Roche (2), Viala, Marcel de Serres (3), Berger, Gervais (3), Wolf et Diacon, Moitessier, Jeanjean..... 8

— 3 (1863). P. Gervais (3), Martins (2), O. Bonnet, Béchamp, Roche (2). Moitessier..... 5

Tome VI (1864-1866)..... 23

Fascicule 1 (1864). Berger, Roche, Diacon (2), Chancel (2), Gervais (3), Brinckmann, Loret, Moitessier. *(épuisé)*

— 2 (1865). Martins, Gervais (3), Roche (2), Chancel (2), Jeanjean (2), Diacon et Wolf..... 6

— 3 (1866). Duclos, Chancel, Crova, Roche (2), Garlin. Moitessier, Martins (2), Lallemand, Loret. 6

Tome VII (1867-1870)..... 23

Fascicule 1 (1867). Roche (3), Martins (4), Collomb, Gervais Vaillant, Le Rique de Monchy, Diacon... 6

— 2 (1868). Gervais, Vaillant, Le Rique de Monchy, P. de Rouville, Lallemand (3), Diacon..... *(épuisé)*

— 3 (1869). Duval-Jouve, Martins et Chancel, Combescure (2)..... 6

— 4 (1870). Combescure, Duval-Jouve (2), Martins..... 4

	Tome VIII (1872-1875)	23
Fascicule 1	(1872). Martins, (2), Duval-Jouve (2), Crova, Munier, Boussinesq	6
— 2	(1873). Crova, Cazalis de Fondouce, Duval-Jouve, Roche (2), Martins, Munier	6
— 3	(1874). Duval-Jouve, Sabatier	6
— 4	(1875). Lenthéric	5
	Tome IX (1876-1879)	23
Fascicule 1	(1876)..... Crova, Duval-Jouve, Martins	6.50
— 2	(1877-1876). Roche (2), Guinard, Crova (2); Duval-Jouve, Martins, Sabatier	7.50
— 3	(1879)..... Sabatier	9
	Tome X (1880-1884)	23
Fascicule 1	(1880-1881) Courchet, Cazalis de Fondouce, Crova (2), Roche	7.50
— 2	(1882)..... Roche (2), Crova (2), Sabatier	7.50
— 3	(1883-1884) Combescure, Crova (5), Sabatier, Pauchon, Tisserand, Garbe	6
	Tome XI (1885-1892)	15
Fascicule 1	(1885-1886) Houdaille (3), Combescure (2), Crova (3), Dautheville, Brocard (2), de Rouville.	6
— 2	(1887-1897) Crova (4), de Forcrand, Fabry	4.50
— 3	(189-71892) Flahault	4.50

Ti. Cat,

500
M519
Ser.2
v.2:6

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

SUR LA

VITESSE DE PROPAGATION DES ONDES

A LA SURFACE DES LIQUIDES

Par MM. MESLIN et CHAUDIER.

L'INFRACRÉTACÉ SUR LA FEUILLE DE MONTPELLIER

Par M. P.-G. DE ROUVILLE

ÉTUDE

SUR LA

DÉTERMINATION DES PETITES ÉPAISSEURS

ET SUR LA

SENSIBILITÉ DE L'ŒIL POUR LES DIFFÉRENTES RADIATIONS DU SPECTRE

Par M. G. MESLIN

2e SÉRIE. — TOME II.

No 6.

MONTPELLIER

IMPRIMERIE CHARLES BOEHM

DELORD-BOEHM ET MARTIAL SUCCESSEURS

IMPRIMEURS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES

1899

Biblioteca Storia Naturale Museum Science
Milano

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 540
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	 106
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	 251
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	 183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850)..... Fr. 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais..... 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais..... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)..... 25

Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852,1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty..... 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure..... *(épuisé)*

Tome III (1855-1857)..... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche..... 8.50

SUR

LA

VITESSE DE PROPAGATION DES ONDES

A LA SURFACE DES LIQUIDES

Par MM. MESLIN et CHAUDIER.

I. — Expériences des frères Weber.

La première étude expérimentale de la propagation des ondes à la surface des liquides a été faite par les frères Weber en 1825, et publiée à Leipzig sous le titre : « Wellenlehre auf Experimente gegründet ».

L'appareil employé se composait d'une cuve étroite et profonde, à parois de verre, qui contenait le liquide soumis à l'expérience.

L'ébranlement à la surface était produit par la chute d'une colonne du liquide, soulevé par aspiration dans un tube de verre, puis abandonné à lui-même. Ce tube, de petit diamètre, était placé à l'une des extrémités de la cuve et affleurait au niveau du liquide.

Un chronomètre permettait de noter le temps écoulé entre le départ de l'onde au moment même où l'on supprime l'aspiration, et son arrivée dans le champ d'un microscope disposé verticalement à l'autre extrémité de la cuve.

On pouvait aussi observer, à travers les parois de verre, les ondes produites et mesurer au microscope les mouvements des petits corps opaques qui flottent dans le liquide et partagent ses mouvements parce qu'ils ont même poids spécifique.

Les frères Weber ont, avec cet appareil, étudié l'onde dans des

sections verticales et horizontales. Les recherches qui suivent ont seulement trait à la propagation des ondes à la surface et dans le sens horizontal. Nous ne citerons donc, dans les travaux des frères Weber, que les résultats relatifs à ce point spécial.

En opérant sur l'eau ordinaire, l'eau salée à saturation, l'alcool et le mercure, ils sont arrivés aux conséquences suivantes :

1° La *vitesse de propagation* des ondes produites à la surface des liquides *augmente avec la profondeur* du liquide et *avec la hauteur* du liquide soulevé, mais cet accroissement n'est pas *proportionnel* à l'accroissement de la colonne ;

2° Le *poids spécifique* des liquides ne paraît pas avoir d'*influence* sur l'*élargissement* ou le *retrécissement* des ondes.

Ainsi, pour une même profondeur de liquide et avec des colonnes de même hauteur, l'alcool, l'eau, l'eau salée, présentent à leur surface des vitesses identiques. Cette loi, qui résulte des tableaux de la page 185 de leur ouvrage, est surtout vérifiée pour des profondeurs supérieures à 10 centim. et ne s'applique pas au mercure ;

3° L'influence du *fond du récipient* sur le liquide est *surtout* la cause qui fait que la vitesse est *plus considérable* pour les corps de *poids spécifique élevé*, comme le mercure, que pour les corps de *faible densité*, comme l'eau.

Par exemple, avec une même profondeur de liquide, la vitesse de propagation du mercure est d'abord plus faible que celle de l'eau, mais elle croît plus rapidement que celle de l'eau quand la colonne de liquide soulevé augmente, et dépasse bientôt la vitesse de propagation de l'eau.

II. — Critique des expériences des frères Weber.

Les principales critiques qu'on peut adresser aux expériences précédentes sont de trois ordres :

1° *Difficultés d'observation*. — La vitesse de propagation est le quotient de l'espace parcouru par l'onde, par le temps qui s'écoule entre l'instant où cesse l'aspiration et l'instant d'arrivée

de l'onde sous le réticule du microscope. Or ce temps, déterminé par deux expérimentateurs *différents*, est *très court* (2 ou 3 secondes au maximum) et les moindres erreurs d'observation entraînent de graves inexactitudes dans les résultats. D'où, peu de précision dans la méthode.

2° *Non comparabilité des ébranlements.*— Pour étudier l'influence du poids spécifique dans la propagation des ondes, les frères Weber soulèvent, dans des tubes de même diamètre, des colonnes liquides de même hauteur. Or la chute de ces colonnes inégales en poids ne produit pas des ébranlements identiques, de sorte que la loi énoncée plus haut ne peut être considérée comme générale. Elle n'a d'ailleurs été vérifiée qu'avec des liquides tels que l'alcool, l'eau, l'eau salée, de poids spécifiques peu différents; mais le mercure, dont le poids spécifique est très considérable par rapport à l'eau, a toujours donné des résultats éloignés de ceux prévus par la loi.

3° *Influence du fond.* — Les frères Weber ont constaté eux-mêmes que le frottement du liquide sur le fond de la cuve exerçait sur le phénomène une influence prépondérante; ils se sont bornés à cette remarque sans chercher à faire disparaître une cause d'erreur qui entachait toutes leurs expériences. Pour obtenir des conclusions rigoureuses, il est donc nécessaire de connaître ou d'éliminer cette influence du fond.

III. — Méthodes employées dans cette étude.

Dans ces recherches, on s'est proposé d'éviter cette triple critique; c'est ainsi qu'un phénomène fixe, où l'observation peut être faite à loisir et répétée un grand nombre de fois, est substitué à un phénomène fugitif ; en second lieu, les liquides étudiés sont soumis à des ébranlements constants ; enfin, l'influence du fond est éliminée dans ces expériences.

On sait que, dans un mouvement périodique, la vitesse V, la longueur d'onde λ, et le temps T de la période sont reliés par l'équation :

$$\lambda = VT$$

Ou, si N est le nombre de vibrations par seconde,

$$T = \frac{1}{N}$$

D'où: $$V = N\lambda$$

On peut déduire la mesure de V de la mesure de N et de celle de λ.

Mesure de N. — Le mouvement vibratoire utilisé dans nos expériences est produit par les oscillations d'une aiguille affleurant à la surface du liquide et solidement fixée à l'un des bras d'un diapason entretenu électriquement ou au trembleur d'une sonnerie électrique.

Par des expériences préalables, on a déterminé avec soin le nombre de vibrations exécutées dans une seconde par les divers diapasons ou trembleurs munis de leur aiguille, dont la pointe pouvait tracer des courbes sinusoïdales sur une feuille de papier recouverte de noir de fumée et enroulée sur un cylindre de Marey. Ce cylindre recevait aussi, pendant les mêmes temps, l'inscription des vibrations d'un diapason-type, étalonné par la méthode graphique, d'après la seconde fournie par une horloge astronomique. On a successivement employé les diapasons I, II et III.

I	exécutant	138	vibrat. par seconde.
II	—	104	—
III	—	70	—

Et les trembleurs de sonnerie IV, V et VI :

IV	exécutant	41	vibrat. par seconde.
V	—	27	—
VI	—	10	—

On a d'abord eu recours à des diapasons numérotés I, II et III, qui exécutaient respectivement 138, 104 et 71 vibrations par seconde. Le diapason le plus grave correspondait sensiblement à

ut_1 (64 vib. dans l'échelle de Savard et 65,25 vib. dans l'échelle fixée au décret de 1859), les deux autres correspondaient à peu près à sol_1 et à ut_2.

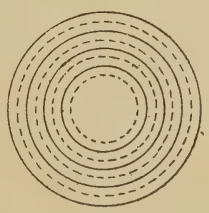
Après avoir reconnu l'influence de la fréquence sur la vitesse de propagation, on chercha à utiliser des vibrations moins rapides que celles de ce diapason et susceptibles d'être entretenues régulièrement.

On se servit de trembleurs de sonneries, qui exécutaient par seconde 41, 27 et 10 vibrations.

Dans tous les cas on notait l'intensité moyenne du courant excitateur et on s'arrangeait pour qu'il conservât la même valeur.

Mesure de λ. — Deux méthodes ont été appliquées, qui permettent l'une et l'autre d'obtenir la fixité des phénomènes à observer.

a) *Méthode des ondes stationnaires.* — Si l'on produit un mouvement régulier et rapide au centre de la surface d'un liquide renfermé dans une cuve de forme circulaire, cette surface se divise en couronnes concentriques, provenant de l'interférence des ondes directes et des ondes réfléchies sur les parois : c'est le phénomène des ondes stationnaires. Quand on éclaire par des rayons lumineux ces circonférences nodales et ventrales, la surface du liquide, vue normalement, apparaît sillonnée de circonférences alternativement brillantes et obscures. C'est seulement en projection horizontale qu'on observe le mouvement de propagation des ondes, aussi ces circonférences sont-elles *immobiles* à la surface du liquide ; elles présentent l'aspect ci-contre.



La théorie montre que deux circonférences consécutives de même reflet sont distantes de $\frac{\lambda}{2}$, λ étant la longueur d'onde du mouvement vibratoire produit. Il suffit donc de mesurer l'épaisseur d'une ou de plusieurs couronnes comprises entre deux de ces lignes de même espèce pour connaître λ.

On obtient cette mesure avec une grande approximation, en projetant le phénomène sur un écran, au moyen d'un appareil à projection verticale. Le grossissement linéaire était environ égal à 20 dans nos expériences ; l'erreur de lecture sur l'écran ne dépasse pas 1 millimètre ; elle est, par suite, dans l'évaluation exacte de λ, inférieure à 1/20 de millimètre, et répartie sur un grand nombre de $\frac{\lambda}{2}$. Aussi peut-on répondre du 1/10 de millimètre sur l'évaluation de la demi-longueur d'onde.

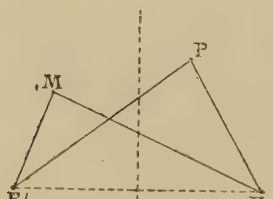
Le mouvement vibratoire est produit par les oscillations d'une aiguille dont la pointe affleure au centre de la surface circulaire liquide et que met en mouvement l'un des diapasons dont il a été parlé plus haut.

On déterminait par tâtonnement le point d'affleurement pour obtenir une apparence parfaitement nette et fixe.

Le liquide ainsi frappé périodiquement par cette pointe subit un choc qui se transmet tout autour du point frappé et qui, étant suivi d'autres chocs identiques à intervalles réguliers, produit bientôt un régime permanent dans lequel le centre de la cuve peut être considéré comme le centre d'un mouvement ondulatoire analogue à ceux qu'on envisage en acoustique et en optique.

Ce mouvement vibratoire a pour période la période de diapason.

b) *Méthode des hyperboles interférentielles.* — Si on remplace l'aiguille fixée au diapason par une petite fourche à 2 pointes très fines et à écartement variable, des hyperboles d'interférence, alternativement brillantes et obscures, se dessinent à la surface du liquide ; leur distance dépend de l'écartement des deux bras de la fourche, qu'on peut approcher ou éloigner à volonté.



Soit M un point quelconque d'une hyperbole obscure, F et F′ les traces de la fourche sur la surface du liquide, on a :

$$MF - MF' = K\lambda$$

Soit P un point d'une autre hyperbole obscure située de l'autre côté de l'axe non transverse, on a de même :

$$PF' - PF = h\lambda$$

Or, chaque fois qu'on passe d'une hyperbole d'une espèce à la suivante de même espèce, le retard augmente de λ ; par suite, s'il y a n intervalles entre les hyperboles M et P, il vient :

$$n = (K + h)\lambda$$

D'où la mesure de λ.

Il est indispensable, dans cette 2e méthode, d'employer une grande cuve, ou de feutrer les parois intérieures des cuves précédentes, pour éviter la production des ondes réfléchies qui dessinent des lignes interférentielles à la surface du liquide et rendent le phénomène confus.

On peut opérer par projection, comme dans la 1re méthode. Les points tels que M et P sont désignés par la pointe d'une aiguille affleurant au liquide. On peut aussi opérer directement en fixant la position d'une certaine frange M à l'aide d'une pointe et en mesurant ensuite au compas les longueurs telles que M F ou M F'.

Comparabilité et constance des ébranlements. — Les diapasons étant entretenus électriquement, il suffit d'employer un courant d'intensité constante pour obtenir des amplitudes invariables, et par suite pour réaliser des ébranlements identiques à la surface des divers liquides étudiés.

Il faut, en outre, remarquer que, sans interrompre une expérience, on peut faire varier à volonté l'intensité des ébranlements.

Elimination de l'influence du fond. — Les frères Weber ont remarqué que la vitesse de propagation augmente avec la profondeur du liquide ; cela tient à ce que le frottement sur le fond se fait moins sentir à mesure que le niveau du liquide s'élève ; il doit arriver un moment où, pour une surélévation de niveau, la vitesse restera la même ; alors, à cette profondeur et aux profondeurs plus considérables, l'influence du fond sera nulle.

Dans les expériences des frères Weber, des ébranlements assez intenses étaient nécessaires à l'observation directe du mouvement des ondes, par suite la propagation dans le sens vertical atteignait le fond de la cuve, et ce frottement entrait en ligne de compte dans les résultats.

En opérant avec des ébranlements très faibles, on peut éliminer l'influence du fond.

Ainsi, en produisant des ondes sur le mercure avec le diapason III, actionné par un courant de 1 ampère, on constate que les longueurs d'onde observées varient de 3^{mm} à $3^{mm},5$ lorsque la profondeur du mercure passe de 2^{mm} à 4^{mm}. Au delà de 4^{mm}, c'est-à-dire pour des profondeurs de 5, 10, 20, 40, 60 millimètres, les valeurs de λ restent fixées d'une façon invariable à $3^{mm},5$. En ayant soin d'opérer avec 5^{mm} de profondeur et un courant de 1 ampère, nous avons la certitude d'éliminer l'influence du fond.

Nous avons déterminé la limite de cette même influence avec les diapasons I et III pour le mercure et les liquides soumis à l'expérience.

IV. — Résultats.

Nous avons d'abord étudié la propagation des ondes sur le mercure, dont la surface réfléchissante donne des résultats particulièrement nets en projection.

La profondeur du bain était de 5^{mm}, les divers diapasons ou trembleurs étaient actionnés par un courant de 1 ampère.

1° *Variation de la vitesse avec la fréquence.* — Nous consignons les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous.

DIAPASONS OU TREMBLEURS	NOMBRE DE VIB. par sec. N.	MÉTH. DES ONDES STAT. λ cm	MÉTH. DES HYP. INTERF. λ cm	VITESSE EN cm $V = N\lambda$
I.....	138	0.21	0.21	28.98
II.....	104	0.26	0.26	27.04
III.....	71	0.35	0.35	24.85
IV.....	41	0.56		22.96
V.....	27	0.82		22.14
VI.....	10	de 2^{cm} à $2^{cm},2$		de 20^{cm} à 22

La concordance par les deux méthodes est absolue avec les diapasons I, II, III; avec les diapasons IV, V, VI, l'observation par la méthode des hyperboles interférentielles est difficile, tandis que la première méthode donne toujours des résultats très nets.

De ce tableau il résulte que la vitesse augmente avec la fréquence; tous ces nombres vérifient d'ailleurs la formule linéaire :

$$V = 0{,}0627\ N + 20{,}40$$

2° *Variation de la vitesse avec l'intensité de l'ébranlement.* — Nous avons constaté expérimentalement que la longueur d'onde, et par suite la vitesse de propagation des ondes à la surface du mercure, croît avec l'intensité de l'ébranlement; nous nous proposons d'étendre nos expériences aux divers liquides et de rechercher la loi qui relie les variations des vitesses aux variations d'intensité des ébranlements.

3° *Comparaison des vitesses de propagation des ondes à la surface des divers liquides.*

Les résultats déjà trouvés signalent les précautions à prendre dans des études comparatives : il faut d'abord éliminer l'influence du fond, puis se servir d'un même diapason, actionné par un même courant et muni d'une même aiguille, de préférence de faible diamètre.

Nos expériences ont porté surtout sur le mercure et l'eau. Nous avons reconnu qu'une profondeur d'eau de 5 millim. était suffisante pour éliminer l'influence du fond avec les ébranlements produits par les diapasons I, II et III, sous un courant de 1 ampère.

Le tableau ci-dessous résume les résultats trouvés avec l'eau :

DIAPASONS	λ en cm.	V en cm.
I.....	0.29	40.02
II.....	0.36	37.44
III.....	0.48	34.08

La vitesse de propagation à la surface de l'eau est donc supérieure à la vitesse de propagation des ondes à la surface du mercure, toutes choses égales d'ailleurs.

Formons maintenant le rapport des vitesses Ve et Vm de l'eau et du mercure obtenues avec chacun des diapasons I, II et III.

Il vient :

Diapason I $$\frac{V_e}{V_m} = \frac{40,02}{28,98} = 1,38$$

Diapason II $$\frac{V_e}{V_m} = \frac{37,44}{27,04} = 1,38$$

Diapason III $$\frac{V_e}{V_m} = \frac{34,05}{24,85} = 1,37$$

De plus, de nombreuses expériences réalisées en substituant l'eau au mercure sous un diapason en marche, actionné par un courant d'intensité quelconque, donnent avec un remarquable accord le nombre 1,38 comme rapport des vitesses.

La vitesse de propagation variant avec l'intensité de l'ébranlement, on peut se demander si la viscosité ne joue pas un rôle important dans ce phénomène. D'ailleurs, la forme de l'onde semble dénoncer ce rôle : en projection, on observe, par l'élargissement des couronnes brillantes, que le sommet des ondes stationnaires, ligne nette dans le cas du mercure, s'aplatit dans le cas de l'eau où la viscosité est moindre, comme si les molécules de l'eau échappaient plus facilement à leur action réciproque. Comparons le rapport des vitesses de l'eau et du mercure avec le rapport inverse des coefficients de viscosité de ces liquides.

La formule de Poiseuille donne pour le coefficient de viscosité η_e de l'eau à 17° (température de nos expériences) :

$$\eta_e = 0,01089$$

Meyer trouve un nombre plus élevé :

$$\eta^{e'} = 0,01283$$

A la même température de 17°, Warburg attribue au coefficient de viscosité du mercure la valeur :

$$\eta_m = 0,01602$$

Formons le rapport $\frac{\eta_m}{\eta_e}$ de ces coefficients, il vient :

$$\frac{\eta_m}{\eta_e} = 1{,}471 \qquad \text{(Poiseuille)}$$

$$\frac{\eta_m}{\eta_e} = 1{,}248 \qquad \text{(Meyer)}$$

La moyenne de ces deux rapports est le nombre 1,359, voisin de 1,38. Il semble donc que les vitesses de propagation des ondes à la surface du mercure et de l'eau sont, pour un même ébranlement, en raison inverse des coefficients de viscosité de ces liquides.

Nous nous proposons de vérifier si cette relation est générale, et s'il est possible d'en déduire une méthode pour déterminer les coefficients de viscosité des liquides.

L'INFRACRÉTACÉ SUR LA FEUILLE DE MONTPELLIER

Par P.-G. DE ROUVILLE

Certaines raisons locales viennent accroître pour nous l'importance de l'analyse stratigraphique du Néocomien supérieur dans le Midi, établie par M. Torcapel, dans son remarquable mémoire sur l'Urgonien du Languedoc [1].

Nous plaçons sous les yeux du lecteur le diagramme où il en représente la composition, et nous renvoyons à son texte pour la description minutieusement détaillée de chacune des grandes assises qu'il y reconnut en 1882. (V. pl. I, *fig.* 2).

C'est la même division qu'il constata et qu'il figura en de nombreuses coupes, plus tard, en 1894, dans une région plus voisine de Montpellier, le plateau infra-crétacé de Nimes [2].

Les droits à l'autonomie qu'il a invoqués pour chacun de ses étages ont fait, plus récemment, l'objet de savantes critiques [3].

Nous les maintiendrons, pour le moment, et conserverons ces étages, à titre seulement de numéros d'ordre dans la série ; ce sont :

4° Donzérien.

3° Barutélien,

2° Cruasien.

Constituant son Néocomien supérieur, son Urgonien.

1° Hauterivien.

[1] *L'Urgonien du Languedoc.* Torcapel, *Rev. des Sc. nat.* Dubrueil, nov. 1882, pag. 91, pl. I, fig. 3.

[2] *Le plateau infracrétacé des environs de Nimes.* Torcapel, *Bullet. de Sc. de la Carte géol. de la France*, n° 39, tom. VI, pag. 147.

[3] *Bullet. Soc. géol. de France.* 3e éd. tom. XIV, pag. 64. Leenhardt. Voir aussi : *Kilian. Bul.*, 3e éd. tom. XXIII, pag. 774 et suivantes.

Auquel correspond son horizon des Calcaires et Marnes à spatangues, son Néocomien.

M. Torcapel ne s'occupe ni de Valangien, ni de Berriasien.

Nous aurons, dans cette note, à nous occuper de ces différents termes, hors le Donzérien ou Calcaire à chama, absent de nos contrées.

Dès 1846, Emilien Dumas distinguait dans l'Infracrétacé du département du Gard quatre divisions[1] :

Calcaire à chama.

Etage à spatangus retusus.

Marnes à Ancylocères et Belennites plates.

Calcaires compactes à terebratula dyphia.

Mais, dans la carte géologique de l'arrondissement de Nimes (1850), il les confondait toutes quatre sous une même teinte, et sous la lettre C' ; dans cette même carte, dépassant les limites du département du Gard, il prolongeait les contours du Crétacé inférieur sur plusieurs kilomètres de la région de l'Hérault ; nous y reviendrons tout à l'heure.

Trois ans plus tard (1853), consacrant notre thèse inaugurale à la description géologique des environs de Montpellier[2], nous eûmes à cœur d'apporter un degré de précision nouveau, et nous distinguâmes sur notre carte, sous deux teintes différentes, deux massifs crétacés très distincts au point de vue pétrographique, et par suite orographique ; le premier, supérieur, essentiellement calcaire (C'S), le second (C'M) calcaréo-marneux ; nous rattachions au second, dans notre légende, les couches à toxaster complanatus et à ancylocères.

La carte qui accompagne cette note (v. pl. I, fig. 1), et que nous proposons comme expression la plus récente et la plus exacte de la distribution sur la feuille de Montpellier des termes du Crétacé inférieur, reproduit fidèlement les contours primitifs des deux groupes.

[1] *Bullet. Société géol. de France*, 2e sér., tom. III, 1846. Comp. 571, composition, pag. 630.

[2] *Descript. géol. des environs de Montpellier*, 1853, pag. 164.

C'est notre groupe calcaire C¹S qu'en 1861 Pierre Reynès, dans son diagramme du St-Loup, établi sur nos indications [1], donnait comme l'équivalent du Calcaire à Chama ; c'est le même groupe que, onze ans après, M. Bleicher, dans ses *Etudes de géologie dans les environs de Montpellier*, signalait à l'Hortus, à Clapiers, à Tréviers, au vieux Montferrier (four à chaux de Lavalette) [2], dont il disait (p. 67) : « Les calcaires marneux sont recouverts d'une calotte de calcaire compact à encrines (de Rouville) couvert de grandes nérinées, malheureusement indéterminables [3]... »

C'est ce même groupe, enfin, que, fidèle à sa première manière de voir de 1846, Emilien Dumas, en 1876 [4], donne comme un simple accident pétrographique de sa troisième division du système Néocomien du Gard, le calcaire jaune à spatangoïdes ou zone à toxaster complanatus, dont il fait le support immédiat de la zone à Requienia ammonia.

Reynès se trompait en effet, et c'est ici que l'analyse stratigraphique de M. Torcapel vient heureusement redresser son erreur, en même temps qu'enrichir la série d'E. Dumas.

La zone à toxaster de Dumas est, par le fait, séparée du Calcaire à chama, tout ensemble, par notre groupe calcaire devenu le *Cruasien* de M. Torcapel, et par un nouveau complexe d'assises appelées par lui *Barutéliennes*.

Les travaux de ces dernières années, auxquels nous avons fait plus haut allusion, tendent à unifier sous le terme de *Barrémien* ces deux dernières divisions [5] ; quoi qu'il en soit, l'horizon classique à toxaster complanatus, l'Hauterivien de tous les géologues,

[1] *Etude sur le Synchronisme et la délimitation des terrains crétacés du Sud-Est de la France*, P. Reynès, 1861, pag. 89.

[2] Voir *Bullet. Société géol. de France*, 3e sér., tom. XXV, pag. 758 (Calcaires durs à la partie droite de la figure).

[3] *Revue des Sciences naturelles*. Dubrueil, Montpellier, tom. I, n° 1, 1er juin 1872.

[4] *Statistique minéralogique et géologique du Gard*. E. Dumas, 1876, 2e vol., pag. 301.

[5] Kilian ; *Bullet. Société géol. de France*, 3e sér., tom. XXIII, pag. 774, tabl.

supporte dans le Gard et l'Hérault un ensemble non négligeable d'assises, dans l'économie duquel entre de plain pied notre groupe calcaire de 1855.

Cet ensemble se trouve aujourd'hui constitué, d'après les travaux les plus récents, par deux termes :

Le Bedoulien (*Calcaire de Vaison et Calcaire d'Orgon*, *Donzérien de* M. Torcapel.

Le Barrémien (*Cruasien et Barutelien* de M. Torcapel).

La légende du Crétacé inférieur méridional serait ainsi formée de cinq termes :

5° Calcaire à chama et Calcaire de Vaison (Bedoulien) ;

4° Barrémien ;

3° Hauterivien ;

2° Valangien ;

1° Berriasien.

La feuille de Montpellier, nous l'avons dit, ne comprend que les quatre derniers, qui s'y distribuent de la façon figurée sur notre carte.

Cette distribution ne concorde pas avec celle de la nouvelle feuille de Montpellier de la Carte géologique détaillée de la France nouvellement parue.

Il importe de justifier cette différence.

La feuille susdite porte en légende pour le Crétacé inférieur :

1° Un terme supérieur, Hauterivien, C_{IV} ;

2° Un second, formé à la partie supérieure, par les calcaires miroitans de Teyran C_{V-a}, à la partie inférieure, par les calcaires marneux du Valangien supérieur et inférieur C_{V-b} ;

2° Un dernier, par le Valangien inférieur et le Berriasien C_{V-VI}.

Les places respectives occupées dans la légende par l'Hauterivien et les calcaires miroitans de Teyran impliquent la superposition du premier sur les seconds.

Or, les calcaires miroitans de Teyran, pris excellemment pour types de cet horizon, ne sont autres que la variété du « calcaire

jaune sublamellaire ou miroitant » du Calcaire à spatangues de E. Dumas[1], détachée et érigée par M. Torcapel en un nouvel étage, le Cruasien, supérieur à l'horizon classique du Toxaster.

C'est ce même groupe qui, par sa puissance, ses caractères et son extension en surface, nous avait déterminé en 1853 à le séparer sous la rubrique de Groupe calcaire C'S; d'autre part, les calcaires marneux qui le supportent dans la légende, $C_{v\text{-}b}$, correspondent aux calcaires ovoïdaux, bicolores, gisement ordinaire des Toxaster, les mêmes que ceux de notre groupe inférieur C'M de 1853.

L'auteur de la feuille de Montpellier semble, lui-même, à diverses pages de son texte, sanctionner ces relations stratigraphiques: p. 170, il donne les calcaires miroitans de Teyran comme constituant « *le Sommet* du Crétacé inférieur » et p. 134, il considère le calcaire supérieur de l'Hortus comme « un faciès coralligène de la *partie supérieure de l'Hauterivien* » ; c'est toujours à la partie supérieure de ses coupes locales qu'il rencontre et signale les calcaires miroitants (pp. 112-119); il s'agit évidemment ici d'une unité d'horizon méconnue.

Il nous paraît donc résulter de ces affirmations, d'une part, que les termes $C_{v\text{-}a}$ et $C_{v\text{-}b}$ de la légende sont indûment revêtus d'une même teinte, et, d'autre part, que le terme $C_{v\text{-}a}$ doit remonter à la place de C_{IV}.

Mais il y a plus : la région de Saturargues, et quelques points isolés entre ce village et le mas de Mourgues nous montrent, ainsi que l'indique l'auteur de la feuille de Montpellier dans ses intéressantes recherches géologiques sur le Bas-Languedoc[2], la superposition d'un étage de calcaire noduleux marneux sur les calcaires miroitans ; le Cruasien supporterait donc ici, comme dans le Gard, un nouvel étage de calcaire marneux dont M. Torcapel a fait son Barutélien. Il y aurait, en conséquence, un nouveau terme à faire

[1] *Statistique minéralogique et géologique du Gard.* E. Dumas, 1876, 2e vol. pag. 322-323.

[2] *Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur le Bas-Languedoc*, 1897, Romans, pag. 124.

figurer dans la légende ; d'autre part, le calcaire miroitant (C_{v-a}) se trouvant occuper dans la région la surface presque entière attribuée par l'auteur à son terme C_{v-v}, l'aire de ce dernier devra singulièrement se restreindre ; ses indices et sa couleur se réduiront à la bande étroite qu'il forme (VB) sur la carte qui accompagne cette note.

Les modifications proposées demeurent indépendantes de toute considération paléontologique; conservé comme membre supérieur de l'Hauterivien, ou séparé de lui à titre d'horizon distinct, le C_{v-a} n'en doit pas moins changer de place dans la légende, et remplacer sur la majeure partie de la feuille de Montpellier le terme C_{v-vi} ; en outre, ces changements nous paraissent introduire avec une plus rigoureuse exactitude, une plus grande netteté dans la légende : ils restituent à sa véritable place un horizon distinct d'une extrême importance régionale, et de plus tiennent compte de massifs pétrographiques, parfaitement distincts, qui impriment, chacun, son caractère spécial à la région qu'ils constituent.

C'est à ces titres que nous les proposons en vue d'une édition ultérieure de la feuille de Montpellier et de celle en exécution du Vigan.

Nous nous permettons de rappeler, à ce propos, avec une certaine insistance, la modification dont nous a paru susceptible[1] le rôle attribué sur la même feuille au terme C^{2-3} ; nous ne saurions trop énergiquement solliciter de la part de nos confrères la révision de la condamnation, sur ce point, de notre carte de 1875 par l'auteur de la feuille de 1898.

Le Crétacé inférieur de la feuille de Montpellier forme, sur une longueur d'environ trente kilomètres du SO. au NE., une surface d'affleurement dont la largeur varie en raison de son degré de recouvrement par les terrains plus récents (Eocène, Miocène,

[1] *Bul. Soc. géol. de France*, 3e sér., tom. XXV, pag. 25.

Phocène), et aussi du jeu de ses différents termes (froissements, étirements, suppressions), le long d'une ligne de dislocation intéressant à la fois le Crétacé et le Jurassique (faille du Crès. Atlas d'anatomie stratigraphique de l'Hérault pl. 67).

« On remarquera », dit E. Dumas[1], « sur notre carte géologique de l'arrondissement de Nimes, à Saint-Brès, département de l'Hérault, le commencement d'une bande oxfordienne très étroite, qui s'étend jusqu'à la Valette, du nord de Montpellier, en passant par les villages du Crès et de Castelnau, suivant la direction N. 76° E., direction identique à celles des couches qui composent cette bande et qui plongent sous une inclinaison très forte, se rapprochant souvent de la verticale. Le calcaire néocomien, la molasse marine et le terrain subapennin, entourent cette étroite bande. Au mas de Rou et au sud du village de Saint-Géniès-des-Mourgues, les couches néocomiennes, d'un ton jaunâtre maculé de rouge, sont fortement redressées et paraissent s'enfoncer sous le terrain jurassique. Mais cette position n'est qu'apparente ; les deux systèmes de couches participent, en cette localité, à une dislocation du sol ayant opéré un *mouvement renversé*, de manière à faire paraître comme inférieur ce qui est en réalité supérieur. Au reste, cette curieuse[2] superposition s'observe tout le long de la bande jurassique de Saint-Brès ; elle est encore plus prononcée dans la vallée du Lez, près du moulin de l'Inhabitau, au nord du village de Castelnau ».

C'est à cette dislocation que sont dus le double pendage des couches à la Valette[3], et la différence des plongements de notre Jurassique, indiqués par les flèches sur la carte.

Dans la région Nord de Montpellier, du Saint-Loup à la Séranne, Le Crétacé accompagne de près le Jurassique supérieur (Calcaire à terebratula moravica en contact immédiat avec le Calcaire à Natica

[1] *Statistique minéralogique et géologique du Gard*, E. Dumas, 1676, 2e vol. pag. 259.

[2] Curieuse..... On ne se doutait pas, en France en 1876, des grands phénomènes de plis couchés et de charriage des grandes Alpes.

[3] *Bullet. Soc. géol. de France*, 3e sér., tom. XXV, pag. 755.

Leviathan) et en forme le recouvrement variant d'étendue au gré des dénudations ultérieures.

C'est dans un sentiment purement patriotique que nous relevons ce que nous croyons être des erreurs regrettables dans une œuvre à laquelle ses conditions d'exécution impriment un caractère officiel. Il ne conviendrait pas, en effet, qu'une œuvre revêtue d'un caractère national fût, dans la moindre de ses parties, inférieure en exactitude à un travail d'initiative privée, antérieur à elle d'un demi siècle.

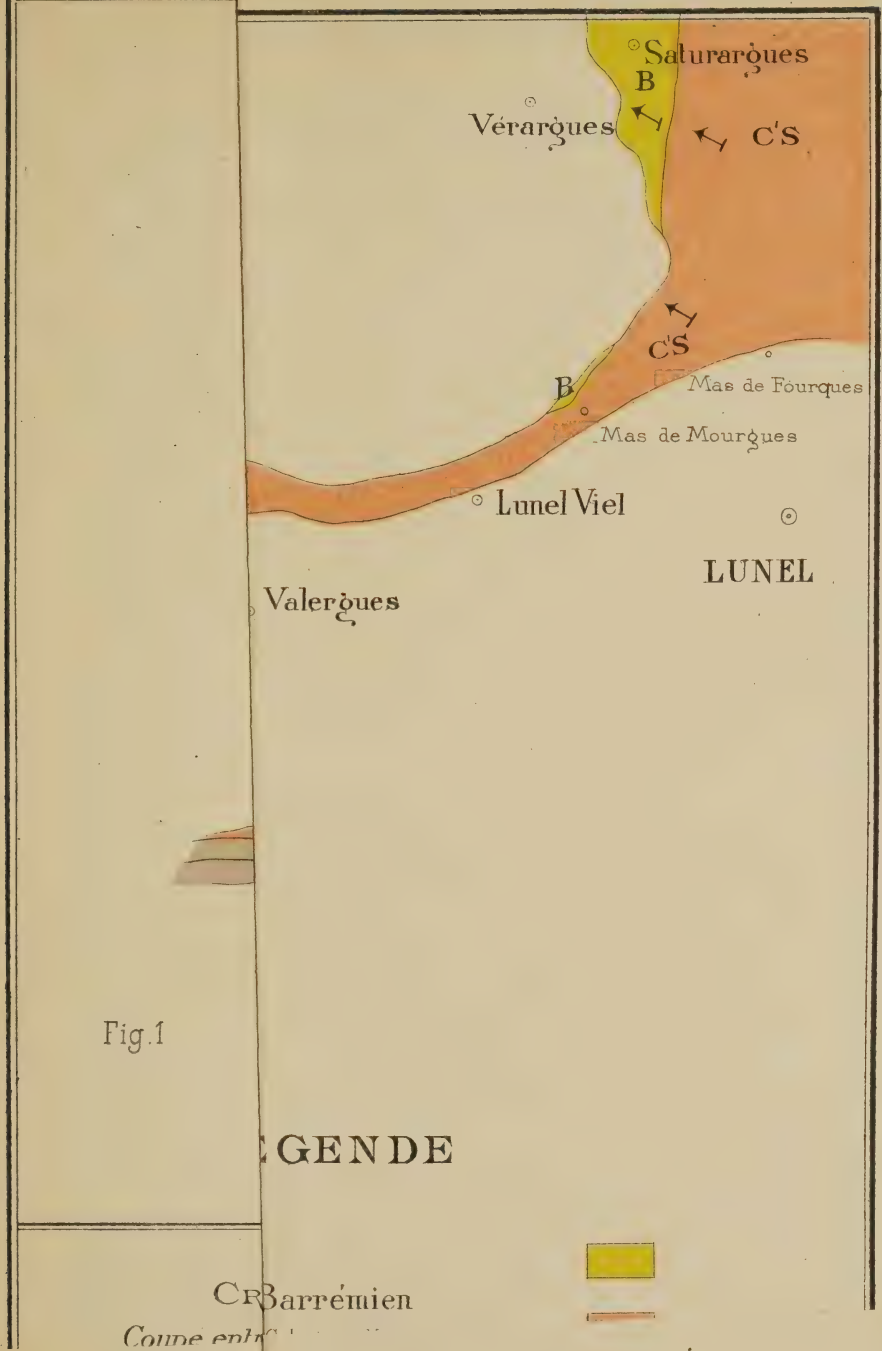


Fig. 1

GENDE

CR Barrémien

Coupe entre

Guzargues
Assas
Prades le Lez
Teyran
Fontespierre
Castries
Montférrier
Jacou
Clapiers
le Crès
Vendargues
Baillargues
St Brès
St Aunès
Castelnau
Saturargues
Vérargues
Lunel Viel
LUNEL
Mas de Fourques
Mas de Mourgues
Mas de Rou
Valergues
C'S
C'M
VB
B

Fig.1

MONTPELLIER

Crétacé Inférieur

Coupe entre Brouzet et Euzet par St Just (Gard)

par Mr Torcapel

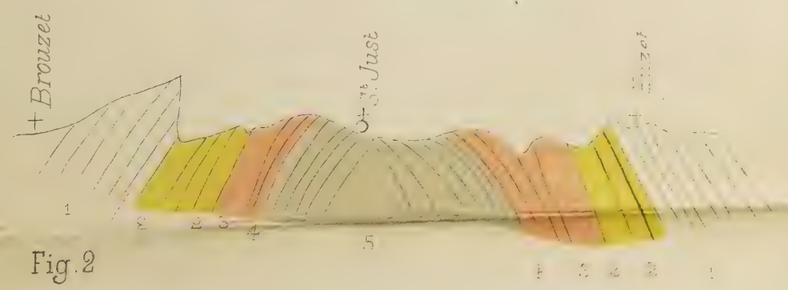


Fig.2

1 Calcaire à Chama
2 Barutelien
3 et 4 Cruasien
5 Hauterivien

LÉGENDE

B. Barutelien } Barrémien (Calcaires Miroitants)
C'S. Cruasien. }
C'M. Hauterivien.
VB. Valangien. Berriasien.
Pendage des Couches.

IMP. DELORD-BOEHM & MARTIAL MONTPT

ÉTUDE

SUR LA

DÉTERMINATION DES PETITES ÉPAISSEURS

ET SUR LA

SENSIBILITÉ DE L'ŒIL POUR LES DIFFÉRENTES RADIATIONS DU SPECTRE

Par M. G. MESLIN

Lorsqu'une lame est suffisamment mince pour présenter des colorations en lumière réfléchie, son épaisseur optique, déduite de la couleur observée peut être immédiatement connue en se reportant à l'Echelle de Newton ou à la Table de Brucke. Mais lorsque son épaisseur dépasse quelques longueurs d'onde, ce procédé n'est plus applicable, puisqu'il n'y a plus de coloration ; toutefois l'interférence se produit encore et le spectroscope est susceptible de fournir cette mesure ; c'est alors une opération délicate exigeant un réglage précis pour évaluer très exactement le nombre fractionnaire de cannelures comprises entre deux radiations de longueurs d'ondes rigoureusement connues ; on peut y avoir recours pour étalonner une lame type, mais on ne peut guère l'utiliser d'une façon courante pour des mesures rapides.

On peut alors tourner la difficulté en projetant la lame qui ne présente pas de franges en lumière blanche, sur une autre couche d'épaisseur voisine qui n'en présente pas non plus lorsqu'on l'observe seule dans le faisceau réfléchi. Dans ces conditions [1], au voisinage

[1] *Sur les interférences à moyenne différence de marche* ; Meslin ; (*J. de Physique*, 1894, pag. 489).

de la région où les deux épaisseurs coïncidantes sont égales, on aperçoit un groupe de franges présentant une frange centrale à l'endroit où l'égalité est rigoureusement réalisée, de sorte que, si l'épaisseur de l'une des lames est connue en ses différents points, l'épaisseur de l'autre s'en déduira aisément. C'est ce qu'on peut appeler *équilibrer ou compenser un système d'interférences par réflexion à l'aide d'un autre système d'interférences par réflexion.*

Les premiers essais que j'ai faits pour utiliser cette méthode ne m'ont pas donné de bons résultats ; j'avais cru nécessaire, pour ne pas compliquer l'appareil, pour simplifier son réglage et pour ne pas affaiblir l'intensité du faisceau lumineux, d'éviter les réflexions multiples sur des lames transparentes placées à 45° ou sur des prismes à réflexion totale ; dans ces conditions l'observation n'était possible que si les faisceaux lumineux se réfléchissaient sous une obliquité assez considérable ; il en résultait une correction toujours incertaine, sans compter d'autres perturbations provenant de la localisation des franges d'interférences ; j'ai reconnu ultérieurement la possibilité d'opérer sous l'incidence normale, et je reviendrai plus loin sur le dispositif qui m'a donné les meilleurs résultats.

Les systèmes par transmission permettraient, eux aussi, l'observation sous l'incidence normale, mais ils ne présentent pas en général l'éclat nécessaire ; cependant MM. Fabry et Perot ont pu les utiliser grâce à l'ingénieuse idée qu'ils ont eue de modifier par une argenture convenable le pouvoir réflecteur des surfaces terminales des lames ; grâce à l'accroissement de ce pouvoir réflecteur et à la valeur élevée du rapport des intensités maxima et minima, ils ont pu obtenir, pour les franges de transmission, une netteté au moins égale à celle que présentent les franges de réflexion. En projetant alors un tel système d'interférences par transmission sur un autre semblable, également obtenu par transmission, ces physiciens ont pu les *équilibrer l'un par l'autre*, c'est-à-dire observer des franges de superposition et comparer ainsi les deux épaisseurs.

Ce procédé, qui leur a permis de graduer des étalons dont l'usage est des plus utiles dans les études d'optique, n'est applicable que si la seconde lame que l'on compare directement à l'étalon est, elle aussi, limitée par deux plans ayant subi une argenture convenable ; c'est là une complication qui peut rendre la méthode inutilisable pour de petites lamelles qui ne peuvent supporter une telle manipulation : en outre il s'introduit, par suite de la réflexion métallique, une correction dont il faut connaître la grandeur, variable d'ailleurs avec l'épaisseur de l'argenture.

J'ai cherché à faire disparaître cet inconvénient en utilisant les franges de superposition que l'on doit obtenir en projetant un système d'interférences par réflexion (lame à mesurer) sur un autre système observé par *transmission* (lame étalon argentée) et en compensant l'une des épaisseurs par l'autre ; il est préférable que la réflexion ait lieu, comme la transmission, sous l'incidence normale et voici un premier dispositif qui permet, en effet, d'observer ces franges.

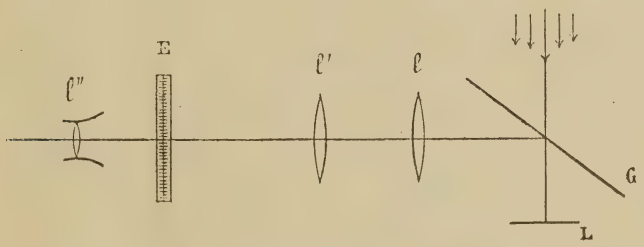


Fig. 1

Un faisceau de lumière parallèle (fig. 1), par exemple de la lumière solaire, tombe normalement sur la lame L placée verticalement ; il est réfléchi horizontalement sur la glace transparente G qu'il a déjà traversée, et, après avoir subi sur cette glace cette réflexion, il tombe sur les deux lentilles l et l' qui donnent sur l'étalon E l'image de la lame à mesurer L ; à l'aide d'une loupe l'' l'œil vise à la fois cette lame et l'étalon qu'il déplace transversalement jusqu'à ce qu'il aperçoive la frange de superposition ; on note le numéro de la division correspondant à la frange centrale et la table de graduation fait connaître l'épaisseur au point de la

lame que l'on a visé. Pour étudier les différentes régions de la lame, celle-ci est placée sur un support spécial (fig. 2), elle peut être, soit maintenue sur la plate-forme entre deux buttoirs B et B', soit appuyée et serrée contre un obstacle rigide R, soit soutenue dans la fourche F, soit enfin fixée par la pince P à l'extrémité d'une potence douée de différents mouvements autour de a,

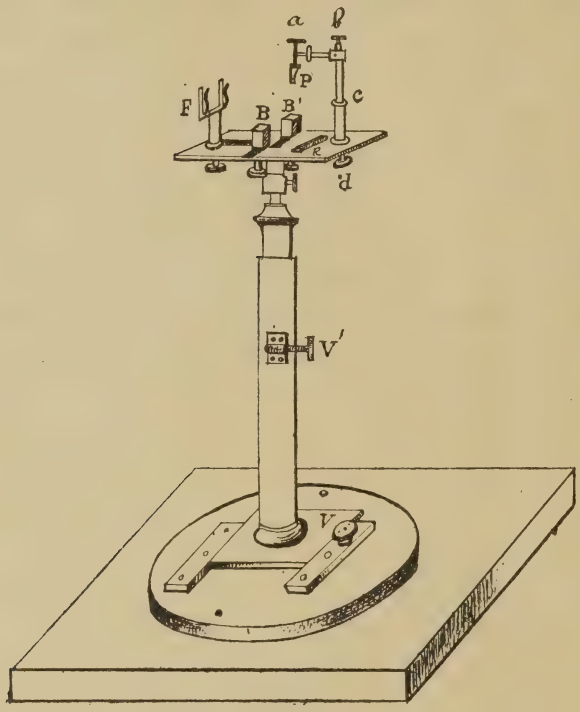


Fig. 2

b, c, d pour réaliser la verticalité de la lame ; enfin la plate-forme peut être déplacée transversalement ou verticalement à l'aide des boutons V et V'.

Voici en second lieu un autre dispositif que l'on peut employer pour éviter le réglage quelquefois minutieux de la lame et de la glace transparente.

J'ai employé un appareil tout à fait semblable à celui que M. Le Chatelier a fait construire sous le nom de dilatamètre, pour mesurer la dilatation des cristaux.

On peut alors prendre comme source un bec Auer ou même une lampe à pétrole S dont la lumière est renvoyée (fig. 3) verticalement par un prisme à réflexion totale P ; elle forme alors un

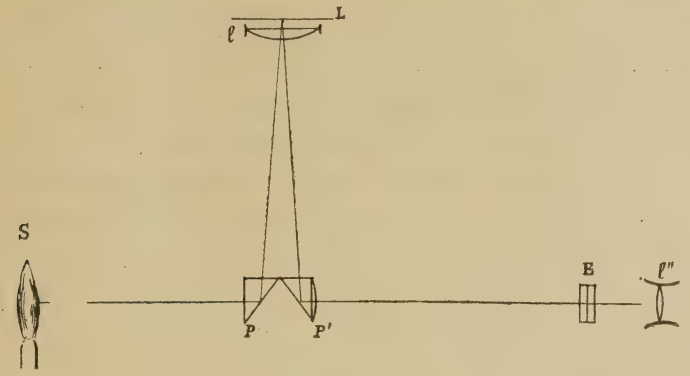


Fig. 3

faisceau vertical qui tombe sur la lentille l, c'est sur cette lentille que l'on pose la lame à mesurer L ; la lumière se réfléchit sur ses deux faces et, traversant de nouveau la lentille, rencontre un prisme à réflexion totale P' adossé au premier, ce prisme ramène le faisceau horizontalement et lui donne en même temps une con-

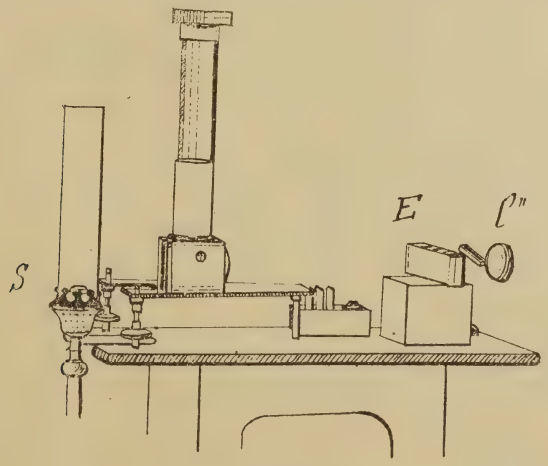


Fig. 4

vergence telle qu'il fournit à 30 cent. en avant une image de la lame L ; en ce point on placera l'étalon E qu'on examinera avec

une loupe l'' qui, comme dans le premier dispositif, doit être faiblement grossissante (fig. 3 et fig. 4).

Dans ces conditions, on peut observer des franges non seulement à l'endroit où les épaisseurs projetées l'une sur l'autre sont égales, mais encore là où ces épaisseurs sont dans un rapport simple; la théorie de ces phénomènes est tout à fait semblable à celle qui a été présentée par MM. Perot et Fabry dans le cas de deux lames argentées examinées par transmission, et, comme dans ce cas, on peut les utiliser pour la graduation des étalons, j'ai employé également cette méthode pour vérifier le nombre obtenu par l'observation directe des spectres cannelés produits lorsqu'on projette la lame argentée sur la fente d'un spectroscope.

Ce procédé me paraît susceptible d'une grande précision lorsqu'on emploie comme spectroscope un bon goniomètre de Brunner bien réglé, sur la plate-forme duquel on place un réseau métallique plan de Rowland; en choisissant le spectre de diffraction d'après l'épaisseur plus ou moins considérable de la lame, que l'on éclaire par de la lumière solaire, on peut compter très exactement le nombre entier ou fractionnaire des intervalles contenus entre deux raies de longueur d'onde parfaitement déterminées; l'étroitesse des parties brillantes des cannelures rend cette observation très précise, et, en cas d'incertitude sur les résultats obtenus par les franges de superposition, c'est à la méthode spectroscopique que j'ai eu recours.

C'est ainsi qu'a été obtenue la graduation des 2 étalons argentés que j'appellerai *étalons de première espèce*.

On commence par observer une de ces lames-étalons en lumière jaune et on note sur la graduation la position des franges brillantes successives à l'endroit même où elles coupent la ligne de graduation, c'est-à-dire le trait longitudinal sur lequel l'argenture a été enlevée.

Par exemple pour la lame n° 2 il y a une frange à la division 72, une autre à la division 126, et entre les deux il y a 48 autres franges ou 49 intervalles, c'est-à-dire que les numéros d'ordre de ces deux franges extrêmes diffèrent de 49.

Pour déterminer le premier de ces numéros d'ordre, on projette sur la fente du spectroscope l'image du numéro 72 de la graduation ; on forme cette image à l'aide d'un couple de lentilles semblables disposées de telle sorte que les rayons lumineux tombant normalement, sur la lame tombent aussi normalement sur l'image de cette lame obtenue dans le plan de la fente du spectroscope ; on obtient alors un spectre cannelé avec des raies brillantes, étroites, faciles à repérer. L'une de ces cannelures brillantes se trouve au voisinage des raies D_1 ou D_2 à cause de la région particulière que l'on visait ; à l'aide d'un déplacement extrêmement faible on amène cette raie brillante à se former exactement au milieu de l'intervalle des raies D_1 et D_2 ; le calcul est dirigé de façon à trouver ce numéro d'ordre x qui doit être un nombre entier pour cette radiation moyenne D dont la longueur d'onde est $0^{mm},0005893$.

On compte alors le nombre de cannelures p et q contenues entre C et D d'une part et entre D et F d'autre part ; on a d'un côté l'équation :

$$(x-p)\frac{\lambda}{2} = x\frac{\lambda'}{2}$$

λ étant la longueur d'onde de la raie C ou $0^{mm},0006562$

λ' — — D ou $0^{mm},0005893$

$$\text{d'où : } x = p\frac{\lambda}{\lambda-\lambda'}$$

$$\frac{\lambda}{\lambda-\lambda'} = \frac{6562}{6562-5893}\frac{6562}{669} = 9,809$$

D'un autre côté on a :

$$x\lambda' = (x+q)\lambda''$$

λ'' désigne la longueur d'onde de la raie F, $0^{mm},0004861$

$$x = q\frac{\lambda''}{\lambda'-\lambda''}$$

$$\frac{\lambda'}{\lambda'-\lambda''} = \frac{4861}{5893-4861} = \frac{4861}{1032} = 4,71$$

Ainsi pour le point 72 les nombres p et q sont 14,4 et 30 ; ces cannelures sont d'ailleurs comptées sur la bande plus claire qui apparaît dans le spectre et qui provient de la ligne désargentée de la graduation ; cette bande claire peut d'ailleurs envahir tout le spectre si un trait transversal de la graduation vient à se projeter précisément sur la fente du spectroscope ; cette apparence est utilisée pour vérifier les repères.

Les deux déterminations précédentes fournissent pour x l'une 141,2 et l'autre 141,3 ; on adopte la valeur entière la plus voisine, c'est-à-dire 141.

On opère de la même façon pour le point 126 de la graduation on trouve : $p = 19{,}3$ $q = 40{,}25$, ce qui donne pour x, 189,3 d'une part et 189,6 d'autre part : on peut alors hésiter entre les deux valeurs 189 et 190 ; mais comme nous savons, d'autre part, que les deux nombres déterminés doivent différer de 49, le premier étant 141, le second sera 190.

Ces déterminations peuvent être multipliées et combinées avec l'observation des franges de superposition de façon à établir en toute certitude, pour cet étalon, le tableau des épaisseurs aux différents points, tableau dont voici un extrait :

Numéro de la graduation n	Numéro d'ordre de la frange ou retard en longueur d'onde x	Epaisseurs $e = \frac{x\lambda}{2}$
		μ
71	140	41,244
72	141	—
73 1/2	142	—
74 1/2	143	—
76	144	—
		μ
77 1/4	145	42,717

J'ai construit ensuite des étalons semblables, mais sans argenture, c'est-à dire formés par deux glaces accolées (dont l'une portait une graduation) laissant entre elles un petit intervalle prismatique.

En plaçant ces étalons au sommet de la colonne, au lieu de la lamelle dont il a été parlé (fig. 3 et 4), on mesurait leur épaisseur aux différents points de la division ; on pouvait donc les graduer dans toute leur étendue, mais, comme ces étalons de seconde espèce devaient être utilisés plus tard pour des mesures précises, je n'ai encore employé ce procédé que comme contrôle de la méthode spectroscopique par l'observation des cannelures dans le faisceau solaire réfléchi normalement.

Pour cela, la lumière solaire renvoyée par un héliostat entrait (comme la lumière de la lampe dans les figures 3 et 4) horizontalement dans l'appareil, était rejetée vers le haut sur l'étalon de seconde espèce, puis, revenant vers le bas et renvoyée horizontalement par le prisme, venait former à 30 cent. en avant de ce prisme une image de la lame mince; c'est en ce point, c'est-à-dire au voisinage de la région E, qu'on plaçait la fente du goniomètre employé comme spectroscope ; là encore les calculs étaient dirigés de façon à faire connaître le numéro de la frange pour la radiation moyenne située entre D_1 et D_2. Un très léger déplacement du spectroscope permettait d'amener le milieu d'une bande noire sur cette radiation moyenne, de façon que le numéro en question soit un nombre entier. Ce numéro était alors connu sans ambiguité.

Remarquons, en effet, que dans ces systèmes d'interférences par réflexion ce sont les bandes noires qui sont les plus fines à l'inverse de ce qui se produit pour les interférences par transmissions des lames argentées ; aux points où se produisent ces bandes noires on a :

$$2e + \frac{\lambda}{2} = (2K+1)\frac{\lambda}{2} \qquad \text{ou :} \quad e = K\frac{\lambda}{2}$$

K étant le numéro d'ordre donné par les nombres *entiers* successifs.

Ayant ainsi construit des étalons de seconde espèce, c'est-à-dire des lames à épaisseurs variables et connues, j'ai cherché à les utiliser pour observer les franges de superposition provenant de deux systèmes *par réflexion*, en opérant sous l'incidence nor-

male, je les ai obtenues en effet avec ce même appareil en projetant sur l'étalon E l'image de la lamelle L placée au-dessus de la lentille et en interposant une glace transparente G (fig. 5) à l'aide de

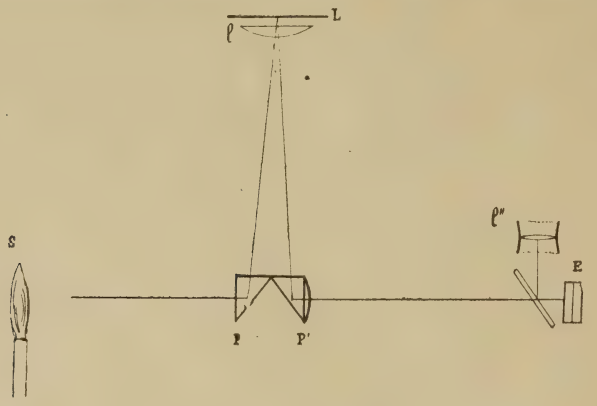


Fig. 5

cette glace et par réflexion sur elle, l'œil placé en O et armé de la loupe vise sur la face antérieure de l'étalon les franges de superposition qui se produisent dans la partie mince de cet étalon ; il vise en même temps le numéro de la graduation, ce qui fait connaître l'épaisseur.

On peut aussi viser directement l'étalon avec la loupe à travers la glace transparente; en se servant simplement de celle-ci pour envoyer sur l'étalon l'image de la lamelle. C'est là la méthode que j'ai employée pour des lames épaisses en remplaçant la lame-étalon par l'appareil construit par Fizeau pour l'observation des anneaux à grande différence de marche (fig. 6). On tournait la vis jusqu'au moment où l'on apercevait des anneaux dans le champ tout en employant de la lumière blanche ; on pouvait alors évaluer l'épaisseur en fonction du pas de la vis, ou, par l'emploi d'un étalon à la place de la lamelle, étudier le pas de la vis micrométrique.

Les franges qui correspondent à deux systèmes d'interférence par réflexion sont d'ailleurs moins faciles à obtenir que celles qui se produisent en combinant un système par réflexion avec un système par transmission.

Mais on peut pousser plus loin cette compensation et équilibrer

une interférence par réflexion à l'aide d'une interférence où intervient la polarisation. Billet[1] avait signalé une telle combinaison et M. Joubin, à propos des grandes différences de marche[2], a fait voir

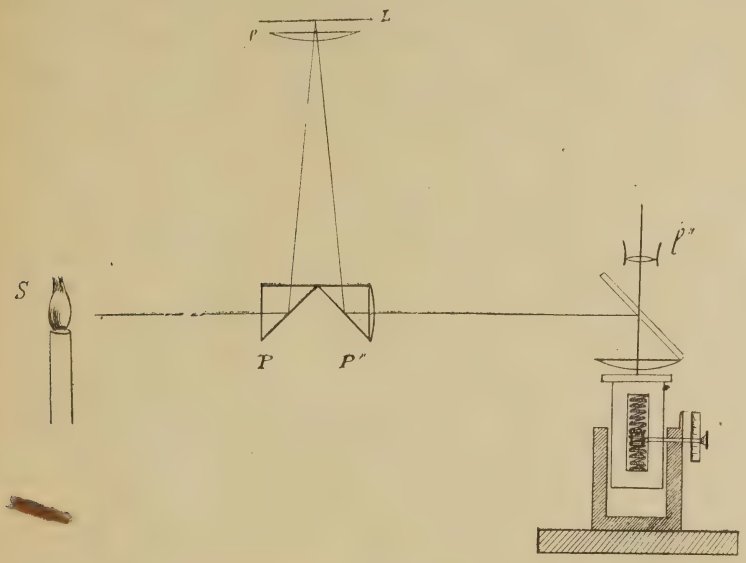


Fig. 6

qu'elles pouvaient être utilisées pour mesurer les épaisseurs et même pour étudier les dispersions. Il a montré les bons résultats que l'on pouvait obtenir avec un compensateur anisotrope taillé en biseau, c'est-à-dire à épaisseur variable. Mais il s'introduit dans la formule une constante voisine de 200 qu'il importe de connaître exactement pour évaluer les épaisseurs en valeur absolue ; or il règne sur cette constante une petite incertitude, car sa valeur numérique est déterminée non par la frange centrale, mais par la frange achromatique et par la radiation qui intervient dans le calcul de cette frange achromatique. On trouve des nombres qui varient de 197 à 205, suivant la longueur d'onde que l'on utilise entre $0^{mm},0005$ et $0^{mm},0006$ et on ne peut fixer *a priori* la radiation, qui doit être particulièrement considérée.

[1] Billet ; *Traité d'optique*, tom. II, pag. 237.

[2] Joubin ; *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tom. CXVI, pag. 633.

L'étude que j'ai faite de cette méthode m'a amené à la modifier de la façon suivante :

La lamelle dont on veut connaître l'épaisseur et que nous supposerons ici constituée par une couche d'air limitée par des lames de verre, est posée sur la lentille (fig. 7) qui termine la colonne verticale de l'appareil précédemment décrit ; elle reçoit et réfléchit

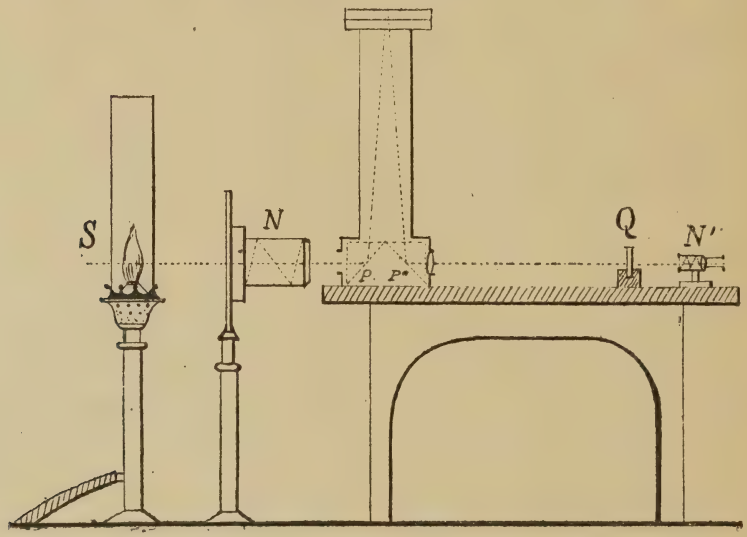


Fig. 7

la lumière incidente primitivement polarisée ; le faisceau tombe ensuite sur un système réfringent Q (lame de quartz) taillé parallèlement à l'axe, dont la section principale est orientée à 45° de celle du polariseur N, les rayons sont enfin analysés à l'aide d'un nicol N' croisé avec le polariseur, puis reçus dans une loupe qui sert à viser dans le plan du système bi-réfringent constitué par une série de lames de quartz d'épaisseur convenable, pour que l'interférence par polarisation compense l'interférence par réflexion ; on doit donc avoir à sa disposition une série de lames de quartz analogue à une boite de poids et on les associe jusqu'à ce qu'on voie des franges d'interférences apparaître dans le champ ; une lame taillée en biseau ou un compensateur achève l'équilibre, la frange achromatique se projette sur un certain point de la lamelle que l'on

vise en même temps. On pourrait connaître l'épaisseur en ce point par une équation de la forme :

$$\varepsilon = A\,e$$

ε étant l'épaisseur de la lame mince
e — du quartz

A étant l'inverse du coefficient dont il a été parlé plus haut, c'est-à-dire un nombre voisin de $\frac{1}{200}$ ou de 0,005.

Au lieu de cela, on laisse en place le système anisotrope et on remplace la lamelle par un étalon de deuxième espèce qu'on déplace jusqu'à ce qu'on ait ramené la frange visée dans le champ; il ne reste plus qu'à lire le numéro de la graduation de l'étalon où se forme cette frange achromatique et à se reporter à la table relative à cet étalon.

On élimine ainsi la constante A (qui varie d'ailleurs avec la nature de la lumière que l'on utilise), et la même épaisseur de quartz sert successivement à équilibrer les deux épaisseurs des lames minces.

En reprenant la comparaison indiquée plus haut avec une boîte de poids, on peut dire qu'on emploie la méthode de la double pesée et que le quartz joue le rôle de tare; aussi il n'y a pas besoin de connaître les épaisseurs du corps bi-réfringent que l'on a interposé.

Dans le dispositif que j'employais, les plans de polarisation étaient verticaux et horizontaux. Les axes du quartz étaient donc inclinés de 45° sur l'horizon, or, dans les compensateurs ordinaires, le biseau a son arête parallèle ou perpendiculaire à l'axe, de sorte que les lignes d'égales épaisseurs, ou les franges auraient été inclinées à 45°, il était préférable de les amener à être verticales comme les lignes d'égales épaisseurs de la lamelle ou de l'étalon pour que la superposition ne produise pas de changement de direction.

Pour obtenir ce résultat, j'ai fait construire par M. Pellin un nouveau compensateur dont les deux lames en biseau étaient encore taillées parallèlement à l'axe, mais l'arête du biseau était

à 45° de cette ligne et les axes étaient croisés ; dans ces conditions les franges étaient à volonté verticales ou horizontales.

Avec de tels compensateurs, dont l'épaisseur est variable aux différents points de la surface, il se produit une modification dans la largeur des franges ; aussi l'emploi d'un tel appareil devenait indispensable pour les resserrer convenablement dans le cas où, par suite d'une trop grande régularité dans l'épaisseur de la lame supérieure, on aurait obtenu des teintes plates ou des franges trop larges difficiles à repérer avec précision.

Cependant j'ai déterminé avec soin les épaisseurs de quartz et les épaisseurs des lames minces d'air qui les compensaient ; je me proposais de connaître expérimentalement la valeur de la constante A. D'autre part, cette constante dépend de la radiation considérée comme étant la plus importante au point de vue de la sensibilité de l'œil et elle prend des valeurs A_1 A_2... pour les longueurs d'ondes λ_1 λ_2 ; en cherchant alors celle de ces radiations pour laquelle elle prend précisément la valeur A, on est amené à connaître celle de ces couleurs à laquelle l'œil attache le plus d'importance dans ce phénomène, tant à cause de la sensibilité de l'organe que de la composition de la lumière employée.

Cette étude indirecte de la sensibilité de l'œil peut être d'ailleurs complétée par l'emploi de corps anisotropes autres que le quartz, par exemple, le spath.

En premier lieu, voici un tableau qui résume les principales expériences faites en vue de déterminer la constante.

La première colonne contient les épaisseurs de quartz obtenues par la combinaison des différentes lames ; la dernière donne comme moyenne 203,5 pour le rapport des épaisseurs de quartz et d'air, ce qui fournit pour la constante :

$$A = \frac{1}{203,5} = 0,004914$$

ÉPAISSEUR DE QUARTZ e	LAME D'AIR ÉQUIVALENTE				Rapport $\frac{e}{\varepsilon}$	
	No de la graduat.	No d'ordre de la frange	Epaisseur ε			
			μ			
1881 = 1880	137	31	9,134	Etalon 12 — 24	Moy. 203	201
1880 + 950 = 2830	156 1/4	47	13,848			204
4875 — 2830 = 2045	141 3/2	35	10,313			198
4875 — 1880 = 2995	159 1/2	50	14,732			203
4875 — 950 = 3925	175 1/2	65,5	19,298			203
4875 = 4875	189	81,5	24,012			203
4875 + 950 = 5825	201 1/2	97,5	28,725			203
4875 + 1880 = 6755	212 1/4	113	33,289			203
4875 + 1880 + 950 = 7705	221 1/2	128,5	37,856			203
9925 — 950 = 8975	233	150,5	44,337			202
9925 — 4875 = 5050	191 1/2	84,5	24,895			203
9925 — 4875 — 1880 = 3170	162 1/2	52,5	15,468			204
9925 + 1880 = 11805	12	195,5	57,594	Etalon 0 — 12	Moy. 204	205
9925 + 1880 + 950 = 12755	21 1/2	211	62,455			204
9925 + 4875 = 14800	41 1/2	245,5	72,324			204
9925 + 4875 + 1880 = 16680	61	277	81,603			204 — ε
9925 + 4875 + 1880 + 950 = 17630	70 1/4	290,5	86			205
20060 = 20060	96 1/2	333	98,102 + ε			204 — ε
20060 + 1880 = 21940	117 1/4	365,5	107,691			203
20060 — 1880 = 18180	76	301	88,675			205

D'autre part, calculons la constante A.

Le retard δ est égal à :

$$2\varepsilon - (n' - n)e$$

la compensation aura lieu lorsque $\frac{\delta}{\lambda}$ est maximum ou minimum, ce qui donne :

$$\frac{d\,\frac{2\varepsilon - (n' - n)e}{\lambda}}{d\,\lambda} = 0$$

ou :

$$-\lambda\frac{d(n' - n)}{d\lambda}e - 2\varepsilon + (n' - n)e = 0$$

$$\varepsilon = \frac{e}{2}\left[n' - n - \lambda\frac{d(n' - n)}{d\lambda}\right]$$

Le calcul de la constante qui figure entre crochets peut être obtenu simplement par les considérations géométriques que voici :

Représentons par la courbe C, la variation de n'-n en fonction de λ (fig. 8) ; l'ordonnée MP doit être augmentée de $-\lambda\,\frac{d(n'-n)}{d\lambda}$ or $\frac{d(n'-n)}{d\lambda}$ n'est autre que le coefficient angulaire de la tangente

MT, c'est-à-dire tang α. D'autre part λ est représenté par l'abscisse MN, donc NT est précisément la valeur à ajouter à l'ordonnée du point M; il suffit donc de mener par T une parallèle à OP et de prendre sa rencontre avec MP prolongée, on obtiendra ainsi un point M', et ces différents points M' donneront une courbe dont les ordonnées sont les valeurs de la constante A, pour les diverses longueurs d'onde. En prenant l'intersection de cette courbe avec la droite d'ordonnée A déterminée expérimentalement, on aura par l'abscisse du point de rencontre la longueur d'onde cherchée.

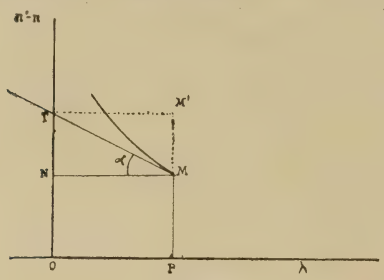


Fig. 8

On évitera la construction complète de cette courbe et les incertitudes provenant des diverses tangentes en faisant précisément la construction inverse; on prend le point T tel que OT soit égal à la valeur déterminée par les expériences, et du point T on mènera une tangente à la première courbe; soit M le point de tangence, OP est la valeur cherchée puisque c'est pour cette radiation que la constante calculée MT + NT aura la valeur trouvée expérimentalement. En prenant les valeurs extrêmes déterminées pour A, on a les limites extrêmes des radiations qui comprennent celles que l'on cherche.

Par ce procédé graphique j'ai obtenu la radiation moyenne de 0,000592 en partant de la valeur 0,004914; la source était un bec de gaz (Bengel). Voici d'ailleurs les valeurs que l'on obtiendrait pour les longueurs d'onde (deuxième colonne) en prenant pour la constante les nombres de la première colonne.

0,004900	0^{mm}000615
0,004905	0 000610
0,004910	0 000605
0,004920	0 000600
0,004930	0 000595
0,004940	0 000592
0,004950	0 000590

Ce tableau montre en même temps l'approximation sur laquelle on peut compter dans cette détermination.

Enfin j'ai fait la même détermination avec une lame de spath de 1180 μ qui compensait une épaisseur d'air de $114^{\mu},157$. J'ai également associé le spath avec différents quartz.

La constante B relative au spath se calculait par la formule :

$$\varepsilon = Ae + Be'$$

ce qui donnait pour B la valeur : $\frac{1}{10,34} = 0,0967$

En représentant de la même manière pour le spath la dispersion de double de réfraction, on trouve encore pour la radiation cherchée $0^{mm},000600$; cette valeur coïncide très sensiblement avec celle qui a été déterminée à l'aide du quartz.

On peut donc conclure que, dans le bec Bengel employé au cours de ces expériences, la radiation la plus importante au point de vue qui nous occupe est voisine de $0^{mm},000600$ tant à cause de la distribution de l'énergie dans cette source que de la sensibilité de l'œil.

Fascicule 2 (1856). P. Gervais (5), Ch. Martins (4), Marcel de Serres (5), E. Roche, Chancel, P. de Rouville, Legrand, Viard, Jeanjean, Marès... 8.50

— 3 (1857) H. Marès, E Roche, Marcel de Serres (3), Le Rique de Monchy (2), Viard, Lenthéric neveu, G. Chancel (2), Marès, P. Gervais (3).

TOME IV (1858-1868)..... 23

Fascicule 1 (1858). P. Gervais(2), Montrouzier, Chancel, Marcel de Serres, Berger, Le Rique de Monchy (2), Lenthéric, Reynès et de Rouville, Graff, E. Roche (2)..... 6

— 2 (1859). P. Gervais (2), E. Roche, Lenthéric, Marcel de Serres (3), E. Rouché, Raynaud, Chancel, Diacon, Cazalis de Fondouce, Ch. Martins. 9

— 3 (1860). Ch. Martins, P. Gervais (2), E. Roche (3), Désormeaux, Marcel de Serres (3), Cazalis de Fondouce, Lenthéric..... 6

TOME V (1861-1863)..... 23

Fascicule 1 (1861). E. Roche(2), Diacon(2), Lenthéric, Moitessier, Martins, P. Gervais, Chancel.....

— 2 (1862. Martins, E. Roche (2), Viala, Marcel de Serres (3), Berger, Gervais (3), Wolf et Diacon, Moitessier, Jeanjean..... 8

— 3 (1863). P. Gervais (3), Martins (2), O. Bonnet, Béchamp, Roche (2), Moitessier..... 5

TOME VI (1864-1866)..... 23

Fascicule 1 (1864). Berger, Roche, Diacon, (2), Chancel (2), Gervais (2), Brinckmann, Loret, Moitessier.(*épuisé*)

— 2 (1865). Martins, Gervais (3), Roche (2), Chancel (2), Jeanjean (2), Diacon et Wolf..... 6

— 3 (1866). Duclos, Chancel, Crova, Roche (2), Garlin. Moitessier, Martins (2), Lallemand, Loret. 6

TOME VII (1867-1870)..... 23

Fascicule 1 (1867). Roche (3), Martins (4), Collomb, Gervais. Vaillant, Le Rique de Monchy, Diacon... 6

— 2 (1868). Gervais, Vaillant, Le Rique de Monchy, P. de Rouville, Lallemand (2), Diacon.....(*épuisé*)

— 3 (1869). Duval-Jouve, Martins et Chancel, Combescure (2)..... 6

— 4 (1870). Combescure, Duval-Jouve (2), Martins..... 4

	Tome VIII (1872-1875)	23
Fascicule 1	(1872). Martins (2), Duval-Jouve (2), Crova, Munier, Boussinesq	6
— 2	(1873). Crova, Cazalis de Fondouce, Duval-Jouve, Roche (2), Martins, Munier	6
— 3	(1874). Duval-Jouve, Sabatier	6
— 4	(1875). Lenthéric	5
	Tome IX (1876-1879)	23
Fascicule 1	(1876) Crova, Duval-Jouve, Martins	6.50
— 2	(1877-1878). Roche (2), Guinard, Crova (2), Duval-Jouve, Martins, Sabatier	7.50
— 3	(1879) Sabatier	9
	Tome X (1880-1884)	23
Fascicule 1	(1880-1881) Courchet, Cazalis de Fondouce, Crova (2) Roche	7.50
— 2	(1882) Roche (2), Crova (2), Sabatier	7.50
— 3	(1883-1884) Combescure, Crova (5), Sabatier, Pauchon, Tisserand, Garbe	6
	Tome XI (1885-1892)	15
Fascicule	(1885-1886) Houdaille (3), Combescure (2), Crova (3), Dautheville, Brocard (2), de Rouville	6
— 2	(1887-1890) Crova (4), de Forcrand, Fabry	4.50
— 3	(1890-1892) Flahaut	4.50

(44)
15
er. 2
ol. 2
o. 7

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

COMBINAISONS

DE LA

PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS METALLIQUES

Par M. J. MOITESSIER

2e SÉRIE. — TOME II.

No 7.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE CHARLES BOEHM
DELORD-BOEHM ET MARTIAL SUCCESSEURS
IMPRIMEURS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES

1900

Illinois State Natural History Survey

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr.	540
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	.....	106
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	.....	251
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	.....	183

SECTION DES SCIENCES

	Tome I (1847-1850).....	Fr. 25
Fascicule 1	(1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais.....	4
— 2	(1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais.....	10
— 3	(1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric....	5
— 4	(1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel..	6
	Tome II (1851-1854).....	25
Fascicule 1	(1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal.	5
— 2	(1852,1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty.....	7.50
— 3	(1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure.....	*(épuisé)*
	Tome III (1855-1857).....	25
Fascicule 1	(1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche.....	8.50

COMBINAISONS

DE LA

PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS MÉTALLIQUES

Par M. J. MOITESSIER

INTRODUCTION

Au cours de recherches entreprises avec M. le professeur Ville, sur l'action réciproque de la phénylhydrazine et des chlorures mercurique, cuivrique, ferrique, etc., nous avons été amenés à étudier l'action de la phénylhydrazine sur des chlorures métalliques non réductibles ; nous avons obtenu avec les chlorures de zinc, de cadmium, de nickel et de cobalt, des combinaisons bien définies et parfaitement cristallisées que nous avons appelées des chlorures métalliques phénylhydraziniques. Des combinaisons analogues avec les sulfates des métaux de la série magnésienne avaient été décrites par Scherning [1]. Il était donc probable que d'autres sels de ces métaux devaient jouir de cette propriété de se combiner à la phénylhydrazine ; je suis arrivé, en effet, à préparer des combinaisons phénylhydraziniques avec un grand nombre de sels de la série magnésienne : avec tous les sels halogénés, avec des sels minéraux à acide oxygéné (hyposulfites, hyposulfates, sulfates, séléniates, azotates, hypophosphites, pyrophosphates), et avec des sels à acide organique (formiates, acétates, valérianates, oxalates, lactates, benzoates). Pour certains sels minéraux, j'ai obtenu plusieurs combinaisons de la phénylhydrazine avec un même sel.

[1] H. Scherning ; *Journ. prakt. Chem.*, tom. XLVII, pag. 80.

Des sels d'autres métaux que ceux de la série magnésienne se combinent aussi avec la phénylhydrazine, notamment les sels halogénés du lithium, du calcium, du strontium et du baryum, les sels cuivreux, l'azotate d'argent.

Ces combinaisons phénylhydraziniques se rapprochent des combinaisons ammoniées, connues depuis longtemps grâce aux travaux de Dessaigne, Kane, Rammelsberg, Divers, André etc., toutefois le nombre des molécules d'ammoniaque fixées sur le sel diffère le plus souvent du nombre de molécules de phénylhydrazine. Un certain nombre de sels métalliques phénylhydraziniques ont leurs analogues comme combinaisons de sels métalliques avec des amines aromatiques, des bases pyridiques ou des bases quinoléiques. On connaissait depuis longtemps les combinaisons fournies par les chlorures de zinc, de cobalt, de nickel, de manganèse, d'étain, d'antimoine, etc. avec l'aniline [1]. Dans ces dernières années, M. Tombeck a repris l'étude de ces combinaisons et l'a étendue à un grand nombre de sels, ainsi qu'à divers homologues de l'aniline ; d'autre part, M. R. Varet a décrit des combinaisons formées par les sels métalliques avec les bases pyridiques et quinoléiques.

Certains sels minéraux de la série magnésienne, déjà combinés à la phénylhydrazine, peuvent encore s'unir à d'autres bases organiques en donnant des combinaisons mixtes. On n'avait pas jusqu'ici décrit de combinaisons de ce genre provenant de la fixation de deux bases organiques différentes sur un même sel. J'ai obtenu un certain nombre de combinaisons mixtes phénylhydraziniques avec l'aniline, les naphtylamines, la pyridine et la quinoléine.

Je diviserai l'exposé de mes recherches en trois parties :

1° Combinaisons de la phénylhydrazine avec les sels des métaux de la série magnésienne.

2° Combinaisons de la phénylhydrazine avec les sels d'autres métaux (lithium, calcium, strontium, baryum, cuivre, argent).

3° Combinaisons mixtes des sels métalliques avec la phénylhydrazine et une autre base organique.

[1] Wurtz ; *Dictionnaire de Chimie*, 1er supplément, article *phénylamine*.

PREMIÈRE PARTIE

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DES MÉTAUX DE LA SÉRIE MAGNÉSIENNE

Généralités

Les divers procédés qui nous ont permis de préparer les combinaisons phénylhydraziniques de sels métalliques consistent à faire agir, soit à froid, soit à chaud, la phénylhydrazine en nature ou en solution dans l'alcool, sur les sels métalliques en solution aqueuse ou en solution alcoolique, ou bien à l'état de poudre très fine. Quelques combinaisons ont été obtenues par double décomposition, soit entre deux combinaisons phénylhydraziniques, soit entre une combinaison phénylhydrazinique et un sel métallique.

Les combinaisons phénylhydraziniques sont stables à la température ordinaire, en ce sens qu'elles ne dégagent pas sensiblement de vapeurs de phénylhydrazine, même dans le vide. Quelques-unes, notamment les combinaisons riches en phénylhydrazines, perdent peu à peu de la phénylhydrazine à 100°. Toutes s'altèrent plus ou moins à la longue, en devenant brunes.

Au point de vue des réactions, ces combinaisons présentent les réactions de la phénylhydrazine et celles du sel métallique qui entre dans leur composition, autant que ces réactions sont compatibles avec la présence de la phénylhydrazine.

1° *Réactions dues à la présence de la phénylhydrazine.* — Les combinaisons phénylhydraziniques, en solution dans l'eau ou dans les acides très étendus, qui décomposent la combinaison en sel métallique et sel de phénylhydrazine solubles, réduisent à froid le réactif cupro-potassique et l'azotate d'argent ammoniacal ; elles

sont décomposées avec mises en liberté d'azote par l'oxyde jaune de mercure.

En présence du glucose, les solutions aqueuses additionnées d'acide acétique et les solutions dans les acides étendus additionnées d'acétate de sodium donnent après une heure de chauffe au bain-marie de la phénylglucosazone, qui se dépose par le refroidissement en touffes de longues aiguilles jaunes caractéristiques.

Quand on traite les combinaisons phénylhydraziniques par une solution de potasse, la phénylhydrazine est mise en liberté et il est facile de l'extraire en nature en agitant la solution avec de l'éther et en faisant évaporer la solution éthérée.

2° *Réactions dues à la présence du sel métallique.* — Les combinaisons phénylhydraziniques en solution aqueuse donnent les réactions du métal et de l'acide du sel. Les chlorures, bromures et iodures donnent avec l'azotate d'argent acidulé par l'acide nitrique un précipité de chlorure, de bromure ou d'iodure d'argent qui noircit sous l'influence de la phénylhydrazine, mais lentement à cause de la présence de l'acide azotique. — Les fluorures métalliques phénylhydraziniques, traités par l'acide sulfurique concentré dégagent des vapeurs d'acide fluorhydrique. — Les sulfates métalliques phénylhydraziniques, traités par le chlorure de baryum en solution chlorhydrique, donnent du sulfate de baryum; la précipitation est complète, aussi peut-on doser directement l'acide sulfurique, sans tenir compte de la phénylhydrazine. — Les hyposulfites donnent un dégagement d'acide sulfureux, avec un dépôt de soufre. — Les azotates déflagrent par la chaleur, à cause de la présence de la phénylhydrazine. — Les hypophosphites donnent à chaud un précipité d'hydrure cuivreux avec les solutions de sulfate de cuivre acidulé par l'acide sulfurique, etc.

Les réactions du métal sont également fournies par les sels métalliques phénylhydraziniques; la précipitation par les alcalis ou par les carbonates alcalins n'est pas entravée par la présence de la phénylhydrazine, de telle sorte que les méthodes de dosage des métaux basées sur une précipitation de ce genre sont directement applicables aux combinaisons phénylhydraziniques.

Méthodes de dosage. — Les dosages d'azote ont été faits par le procédé classique de Dumas; les dosages de carbone et d'hydrogène par combustion. Les analyses où ne figure que le carbone ont été faites par voie humide, procédé Messinger[1], en attaquant la substance par un mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique. On fait passer les produits gazeux de la réaction sur une colonne de chromate de plomb mélangé d'oxyde de cuivre, longue de 15 centim. environ et chauffée au rouge sur une rampe à 3 becs, puis dans une solution d'iodure de potassium et sur de la ponce sulfurique, afin de purifier l'anhydride carbonique, de brûler les traces d'oxyde de carbone qui peuvent l'accompagner et de le dessécher; on le fait passer ensuite dans des tubes tarés contenant l'un de la lessive de potasse et l'autre des fragments de potasse. A la fin de l'opération, l'appareil est balayé par un courant d'air sec et décarbonaté qui entraîne l'anhydride carbonique dans les tubes où il est absorbé.

L'attaque de la substance se fait dans un ballon où on met 6 à 8 grammes d'anhydride chromique et un poids connu de matière contenu dans un petit tube plat, d'environ 2 centim. de hauteur et 12 millim. de diamètre, entouré d'un croisé de fil de platine qui permet de le suspendre à un crochet de fil de fer et de le déposer au fond du ballon sans mélanger la matière à analyser avec l'anhydride chromique. Le ballon, de 150 à 200 centim. cubes, est fermé par un bouchon à trois trous pour le tube de dégagement, le tube d'arrivée de l'air et pour un entonnoir à robinet par lequel on introduit l'acide sulfurique (50 centim. cubes). Les ballons dits *hydrotimétriques* sont commodes à cause de leur faible capacité et de leur large col; à défaut de ces ballons, on peut aussi employer des ballons ordinaires, avec des bouchons à deux trous, et faire alors arriver l'air par l'entonnoir cylindrique à robinet, en y adaptant un tube après l'introduction de l'acide sulfurique.

Après avoir fait chavirer le petit tube contenant la substance, on chauffe le ballon très légèrement au début, pendant 20 minutes

[1] *Bulletin de la Soc. Chim.*, 3e série, tom. I, pag. 154, et tom. IV, pag. 856.

environ, et même d'une façon intermittente si l'attaque est trop vive ; puis, on élève progressivement la température jusque vers le point d'ébullition de l'acide sulfurique, en commençant à faire passer lentement de l'air dans l'appareil.

Le tube de dégagement doit être long et incliné vers le ballon, de façon à jouer le rôle de refrigérant ascendant à la fin de l'opération. Quand le dégagement gazeux a cessé et que le courant d'air, dont on augmente un peu la rapidité, a entraîné tout l'anhydride carbonique dans les tubes à absorption, on arrête l'opération, qui doit durer environ 2 heures et demie.

Le procédé de Messinger, qui n'est pas encore très employé dans les laboratoires, est cependant exact, commode et économique.

Les dosages de phénylhydrazine ont été faits par le procédé de E. Von Meyer [1], basé sur l'action de l'iode en excès sur la phénylhydrazine à froid et en solution étendue ; il se forme de l'iodobenzine, de l'azote et de l'acide iodhydrique.

$$C^6H^5, Az^2H^3 + 2\,I^2 = C^6H^5I + Az^2 + 3\,HI$$

En dissolvant $4^{gr},686$ d'iode pur et sec dans environ 100 centim. cubes d'iodure de potassium à 15 °/₀ et étendant à un litre, on a une solution dont 1 centim. cube décompose 1 milligr. de phénylhydrazine. Dans 50 ou 100 centim. cubes de cette solution, selon la richesse présumée de la substance en phénylhydrazine, on verse, peu à peu et en agitant, une solution de 100 milligr. de la substance dans 60 à 80 centim. cubes d'eau ou d'eau très légèrement acidulée si la substance est trop peu soluble dans l'eau pure ; la réaction est immédiate. On titre l'excès d'iode par une solution d'hyposulfite de soude titrée, correspondant volume à volume à la solution d'iode, avec de l'empois d'amidon comme indicateur [2].

[1] *Bulletin de la Société chimique*, 1888, nouvelle série, tom. XLIX, pag. 144.

[2] En faisant l'empois d'amidon avec une solution antiseptique de fluorure de sodium à 2 p. 100, on peut le conserver pendant *des années* ; au bout de quelques mois, il se forme un peu de sucre réducteur, mais il reste toujours assez d'amidon en solution pour donner une coloration bleu-franc avec des traces d'iode.

Les dosages par cette méthode sont assez exacts; les résultats sont généralement un peu faibles.

La phénylhydrazine a été dosée dans les combinaisons mixtes à l'aide de la liqueur Fehling ; ce procédé, que j'ai aussi appliqué à quelques combinaisons phénylhydraziniques simples, sera décrit à propos des combinaisons mixtes.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE MAGNÉSIUM

Chlorure de magnésium phénylhydrazinique

$MgCl^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir cette combinaison, on ajoute 50 centimètres cubes d'une solution aqueuse contenant environ 25 % de chlorure de magnésium anhydre à 25 grammes de phénylhydrazine, soit environ 1 molécule pour 1 molécule de sel. La combinaison a lieu avec dégagement de chaleur ; après refroidissement du liquide vers 10°, on ajoute quelques cristaux obtenus par l'évaporation spontanée d'une goutte de liquide. Le chlorure de magnésium phénylhydrazinique se dépose alors très lentement sous forme de fines aiguilles enchevêtrées, qu'on recueille sur un filtre, qu'on essore avec soin et qu'on dessèche dans le vide sec ; les cristaux s'effleurissent dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est extrêmement soluble dans l'eau et dans l'alcool, mais non déliquescent ; il est à peu près insoluble dans l'éther, qui le décompose en lui enlevant de la phénylhydrazine. Chauffé pendant quelques heures à 100°, il brunit en perdant de la phénylhydrazine. Chauffé sur le bloc de Maquenne, il n'éprouve pas de changements apparents jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	0gr,500			
Poids d'AgCl.....	0 ,458	*Chlore*	22,65	22,83
Poids de matière...	1 ,000			
Poids de $Ph^2O^7Mg^2$	0 ,350	*Magnésium*.....	7,56	7,71
Poids de matière...	0 ,300			
Poids de CO^2.....	0 ,507	*Carbone*.....	46,09	46,30
		Phénylhydrazine .	70	69,45

Bromure de magnésium phénylhydrazinique

$MgBr^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Cette combinaison a été obtenue en ajoutant 20 grammes de phénylhydrazine à 25 grammes de bromure de magnésium en solution aqueuse à 10 % (1 molécule de bromure de magnésium pour 1,5 molécule environ de phénylhydrazine). On réduit de moitié environ le volume de la solution par évaporation au bain-marie. Il se dépose des masses cristallines de bromure de magnésium phénylhydrazinique, formées de longues lamelles quadrangulaires, qui envahissent peu à peu toute la masse du liquide ; le produit est essoré soigneusement sur plaque poreuse et desséché dans le vide sur l'acide sulfurique.

Le composé ainsi obtenu est très soluble dans l'alcool et dans l'eau, mais non déliquescent.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière....	0gr,500	*Brome*.....	39,66	40,00
Poids de AgBr.....	0 ,466	*Phénylhydrazine*.	54,8	54,00

Sulfate de magnésium phénylhydrazinique

$SO^4Mg.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

On ajoute 25 centimètres cubes d'alcool, puis 25 grammes de phénylhydrazine (2,5 molécules environ) à 25 grammes de sulfate de magnésium cristallisé (1 molécule), réduit en poudre extrêmement fine, et on agite le mélange fréquemment de façon à répartir la poudre de sulfate de magnésium dans la solution de phénylhydrazine. Au bout d'une heure environ, le mélange s'est transformé en une pâte très épaisse, formée par un feutrage serré de fines aiguilles prismatiques de sulfate de magnésium phénylhydrazinique. (L'addition d'alcool au mélange de sulfate de magnésium et de phénylhydrazine accélère beaucoup la combinaison de ces substances qui, sans la présence de l'alcool, ne réagissent l'une sur l'autre qu'au bout de quelques semaines.) La masse

cristalline est ensuite délayée dans 100 centimètres cubes d'alcool, séparée du liquide par filtration à la trompe, lavée à l'alcool, essorée et desséchée dans le vide.

Le sulfate de magnésium phénylhydrazinique ainsi obtenu est décomposé immédiatement par l'eau bouillante, lentement par l'eau froide, en sulfate de magnésium et phénylhydrazine; il est décomposé également par l'éther à froid. L'alcool à 95 °/₀ n'en dissout que des traces. Chauffé sur le bloc de Maquenne, le sulfate de magnésium phénylhydrazinique ne subit pas de modifications apparentes jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	1gr,000	*Magnésium*.....	7,48	7,14
Poids de $Ph^2O^7Mg^2$.	0 ,346			
		Phénylhydrazine	62,7	64,2

Azotate de magnésium phénylhydrazinique

$(AzO^3)^2Mg.\ 3(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on ajoute 25 grammes d'azotate de magnésium cristallisé (1 molécule), en solution aqueuse à 50 °/₀, à 52 grammes de phénylhydrazine (3 molécules). On obtient un liquide limpide qui ne précipite pas, même au bout de plusieurs jours et après addition de cristaux provenant de l'évaporation d'une goutte du liquide. On évapore ce liquide au bain-marie jusqu'à commencement de cristallisation à la surface ; par refroidissement, le liquide se prend en une masse dure cristalline, d'azotate de magnésium phénylhydrazinique, formée de lames rectangulaires ou du moins extrêmement voisines du rectangle. En ajoutant à la masse 1,5 à 2 centim. cubes d'eau distillée, une notable quantité du composé se dissout, et, en écrasant les amas cristallins dans la solution, on obtient une masse ayant la consistance d'une bouillie claire, qu'on essore soigneusement sur plaque poreuse.

Les cristaux ainsi obtenus sont extrêmement solubles dans l'eau et dans l'alcool, mais non déliquescents ; ils sont décomposés par l'éther à froid, qui leur enlève de la phénylhydrazine. Dans l'air sec,

ils s'effleurissent ; les cristaux ainsi desséchés perdent de leur poids dans le vide sec, 14,70 %, ce qui répond à la perte de 3 H^2O environ pour $Az^2O^6Mg.\ 3\ (C^6H^5Az^2H^3)$. Les cristaux desséchés dans le vide fondent à 75° et se décomposent vers 106°.

Analyse du composé desséché dans le vide :

			Trouvé p. 100	Théorie p. $Az^2O^6Mg.\ 3(C^6H^5Az^2H^3)$
Poids de matière...	$0^{gr},853$	*Magnésium*.....	4,74	5,08
Poids de $Ph^2O^7Mg^2$.	0 ,187			
		Phénylhydrazine	66,50	68,64

En faisant agir dans des conditions variées la phénylhydrazine sur l'acétate et le lactate de magnésium, je n'ai pas obtenu de combinaison phénylhydrazinique de ces sels.

L'ammoniaque ne forme pas avec les sels de magnésium de combinaisons analogues aux combinaisons phénylhydraziniques, ou du moins ces combinaisons ne sont-elles pas connues.

Quant aux bases organiques, M. Tombeck a obtenu récemment[1] une combinaison de l'aniline avec le sulfate de magnésium, répondant à la formule $SO^4Mg.\ 2\ (C^6H^5AzH^2)$ et une combinaison avec l'azotate de magnésium $(Az\ O^3)^2\ Mg.\ 2\ (C^6H^5AzH^2)$.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE ZINC

A. — Combinaisons avec les sels halogénés

Fluorures de zinc phénylhydraziniques

1° $ZnFl^2.\ 2\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

En triturant dans un flacon 20 grammes de fluorure de zinc (du commerce), humectés de 40 centim. cubes d'alcool, avec 50 grammes de phénylhydrazine (2,5 molécules environ pour une de fluorure), on obtient au bout de 5 à 10 minutes une masse presque solide de fluorure de zinc phénylhydrazinique impur. On abandonne la masse à elle-même pendant 24 heures dans le flacon bouché, pour laisser achever la combinaison, on la lave à l'alcool

[1] Tombeck ; *C. R.*, tom. CXXVI, pag. 968.

et on l'essore. Le produit est ensuite chauffé avec de l'eau distillée ; la solution, filtrée bouillante et abandonnée au refroidissement, donne des petites masses cristallines très dures et adhérentes aux parois du vase. Il se fait en même temps un précipité floconneux amorphe, peu dense, qu'il est facile de séparer, par agitation des eaux-mères, d'avec les masses cristallines constituées par du fluorure de zinc phénylhydrazinique.

Cette combinaison peut aussi s'obtenir par double décomposition entre l'iodure de zinc phénylhydrazinique ZnI^2. $2\,(C^6H^5, Az^2H^3)$ (1 molécule) en solution aqueuse saturée vers 40° et le fluorure de sodium (2, 5 molécules) en solution aqueuse à 4 p. 100. Le mélange, agité énergiquement avec une baguette de verre, donne rapidement un précipité blanc à cristallisation confuse ; abandonné au repos, il donne peu à peu de beaux cristaux prismatiques, groupés en amas radiés, de fluorure de zinc phénylhydrazinique.

Le produit obtenu par l'un ou l'autre de ces procédés est lavé à l'eau froide, essoré et desséché dans le vide.

Ce composé est notablement soluble dans l'eau froide, assez soluble dans l'eau chaude, très peu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	0gr,691	*Zinc*.....	20,10	20,37
Poids de ZnO.....	0 ,173	*Phénylhydrazine*	66,8	67,71

2° $ZnFl^2$. C^6H^5, Az^2H^3

On peut aussi préparer un fluorure de zinc monophénylhydrazinique par double décomposition entre le chlorure de zinc phénylhydrazinique et le fluorure de sodium. Pour cela, on verse peu à peu 20 grammes de phénylhydrazine dans 1 litre d'une solution bouillante de chlorure de zinc à 15 p. 1000 et on ajoute 8 grammes de fluorure. On filtre à chaud ; par refroidissement il se forme très lentement des prismes quadratiques de plusieurs millimètres de long, accolés par petits groupes aux parois du vase.

Le rendement est faible ; il ne peut être augmenté par la concentration des eaux-mères, car elles laissent déposer du chlorure de zinc phénylhydrazinique. Le fluorure de zinc phénylhydrazinique ainsi obtenu est peu soluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool. Il contient 29,10 de zinc p. 100 et 50,9 de phénylhydrazine ; les quantités théoriques pour $ZnFl^2.C^6H^5(Az^2H^3)$ sont respectivement 30,80 et 51,1.

Chlorure de zinc phénylhydrazinique

$ZnCl^2.\ 2(C^6H^5,\ Az^2H^3)$

Quand on verse une solution alcoolique de phénylhydrazine au dixième dans une solution alcoolique de chlorure de zinc à 5 %, de manière à faire réagir ces deux corps dans les proportions de 2,5 molécules environ de phénylhydrazine pour 1 molécule de sel de zinc, on obtient immédiatement un abondant précipité cristallin de chlorure de zinc phénylhydrazinique, qui apparaît au microscope sous forme de lamelles disposées en rosaces. Ce précipité, recueilli sur un filtre, lavé à l'alcool et essoré sur plaque poreuse, est desséché dans le vide.

On obtient un produit mieux cristallisé quand on opère en solution aqueuse. A cet effet, on verse, par petites portions et en agitant, 6 gram. de phénylhydrazine (1,5 molécule environ) dans une solution étendue et bouillante de chlorure de zinc [5 gram. de sel (1 molécule) dans un litre d'eau]. Il est nécessaire d'opérer en solution très diluée, sinon une partie du produit se sépare, même dans le liquide bouillant, sous la forme d'une masse blanche butyreuse confusément cristallisée ; il est avantageux de faire agir un léger excès de sel de zinc pour obtenir de beaux cristaux. La liqueur, filtrée bouillante et concentrée au tiers environ par évaporation au bain-marie, donne, par le refroidissement, de longues aiguilles prismatiques de plusieurs centimètres de longueur, groupées en amas radiés hémisphériques, tapissant le fond du cristallisoir et adhérant aux parois.

Le composé obtenu dans les deux cas est anhydre. Sa solubilité dans l'eau est de $1^{gr},74$ p. 100 gram. d'eau à 20° et de $6^{gr},47$ p. 100 d'eau à 100°.

Poids de la solution saturée à 20°	8gr,146
Poids du résidu.....	0 ,140
Poids de la solution saturée à 100°.....	6 ,038
Poids du résidu	0 ,367

Cette combinaison est peu soluble dans l'alcool froid, plus soluble dans l'alcool bouillant, d'où elle se sépare en lamelles prismatiques par refroidissement; elle est à peu près insoluble dans l'éther. Quand on la chauffe, elle se décompose sans fusion préalable; vers 185°, elle devient pâteuse, brunit, puis se boursoufle et se décompose en bouillonnant. Chauffée sur une lame de platine, elle brûle et laisse un résidu d'oxyde de zinc.

Quand on introduit un peu de chlorure de zinc phénylhydrazine dans une éprouvette remplie de gaz ammoniac sur la cuve à mercure, la phénylhydrazine est déplacée de sa combinaison par le gaz ammoniac qui est absorbé en quelques minutes. Toutes les combinaisons phénylhydraziniques des sels halogénés de la série magnésienne, sur lesquelles j'ai essayé l'action du gaz ammoniac, se sont comportées comme le chlorure de zinc phénylhydrazinique.

Analyse du composé :

		Trouvé p. 100	Théorie
Poids de substance 1gr,000 Poids de AgCl .. 0 ,8075	*Chlore*.....	19,97	20,17
Poids de substance 1 ,000 Poids de ZnO... 0 ,235	*Zinc*.....	18,85	18,47
Poids de substance 0 ,213 Volume d'azote.. 30cc,1 Pression réduite.. 754mm Température .... 19°	*Azote*.....	16,38	15,91
Poids de substance 0 ,300 Poids de CO^2... 0 ,447	*Carbone*.....	40,64	40,91
Poids de substance 0 ,300 Poids de H^2O... 0 ,138	*Hydrogène*...	5,12	4,54

En vue d'obtenir la combinaison $ZnCl^2.C^6H^5, Az^2H^3$ analogue à la combinaison ammoniée $ZnCl^2.AzH^3$, qui s'obtient par l'action de la chaleur sur la combinaison biammoniée, j'ai chauffé pendant plusieurs heures le chlorure de zinc biphénylhydrazinique à 150°, mais il n'a pas sensiblement varié de poids. Dans le même but, j'ai fait réagir un excès de chlorure de zinc (5 molécules) sur de la

phénylhydrazine (1 molécule) en solution à 5 °/₀ dans l'éther, parce que l'éther enlève de la phénylhydrazine à un certain nombre de combinaisons phénylhydraziniques, mais j'ai obtenu un précipité amorphe, répondant à la formule de la combinaison déjà étudiée.

Le chlorure de zinc traité par un grand excès de phénylhydrazine ne fixe que deux molécules de phénylhydrazine, à l'inverse de ce qui a lieu pour l'iodure de zinc.

La phénylhydrazine ne se combine pas avec l'oxychlorure de zinc, ni avec l'oxyde de zinc anhydre ou hydraté. Quand on fait agir, pendant quelques heures à 100°, du chlorhydrate de phénylhydrazine sur de l'oxyde de zinc, on obtient du chlorure de zinc phénylhydrazinique.

Bromure de zinc phénylhydrazinique

$$ZnBr^2 . 2(C^6H^5, A^2zH^3)$$

Pour obtenir ce composé, on ajoute 21^{gr},6 (2 molécules) de phénylhydrazine en solution alcoolique à 50 °/₀ à 22^{gr},5 (1 molécule) de bromure de zinc en solution alcoolique à 10 °/₀. Il se forme un abondant précipité cristallin, formé de lamelles rectangulaires, qu'on lave à l'alcool, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

La combinaison peut aussi s'obtenir en solution aqueuse; pour cela, on verse peu à peu 8 gram. (1,5 mol.) de phénylhydrazine dans un litre d'une solution bouillante contenant 11 gram. (1 mol.) de bromure de zinc. On filtre et on réduit le liquide au quart environ de son volume par évaporation au bain-marie. La combinaison se dépose par le refroidissement en longues aiguilles réunies en étoiles.

Le bromure de zinc phénylhydrazinique est peu soluble dans l'alcool froid (0^{gr},928 pour 100 centim. cubes d'alcool à 95° centés. à la température de 17°), plus soluble à chaud, à peu près insoluble dans l'éther froid qui lui enlève peu à peu de la phénylhydrazine. 100 grammes d'eau en dissolvent 3^{gr},018 à 17° et 10^{gr},25 à 100°.

Poids de la solution saturée à 17°	15gr,153
Poids du résidu	0 ,443
Poids de la solution saturée à 100°.....	10 ,430
Poids du résidu	0 ,970

Par l'action de la chaleur, la combinaison se décompose sans fusion préalable.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,700			
Poids de ZnO...	0 ,130	*Zinc*.....	14,90	14,75
Poids de matière.	1 ,000			
Poids de AgBr..	0 ,8535	*Brome*	36,30	36,22
Poids de matière.	0 ,400			
Volume d'azote..	46cc,25			
Pression réduite..	760mm	*Azote*.....	13,09	12,72
Température	22°.			
Poids de matière.	0 ,400	*Carbone*.....	32,18	32,68
Poids de CO^2...	0 ,472			
Poids de H^2O...	0 ,143	*Hydrogène*...	3,99	3,63

Le bromure de zinc, comme le chlorure, ne fixe pas plus de deux molécules de phénylhydrazine quand on fait réagir 1 molécule de bromure de zinc sur 6 molécules de phénylhydrazine.

Iodures de zinc phénylhydraziniques

1° ZnI^2. 2 (C^6H^5,Az^2H^3)

Cette combinaison s'obtient en versant rapidement de la phénylhydrazine (2 molécules) dans de l'iodure de zinc (1 molécule) en solution alcoolique à 40 pour 100. On agite le mélange et il se forme bientôt un abondant précipité cristallin, formé de prismes et de lamelles rhomboïdales allongées. Le composé ainsi obtenu, lavé à l'alcool, essoré et desséché dans le vide, est anhydre. Il est assez soluble dans l'eau : 5gr, 790 pour 100gr d'eau à 17° et 18gr,26 pour 100gr d'eau bouillante.

Poids de la solution saturée à 17°.....	8gr,490
Poids du résidu	0 ,465
Poids de la solution saturée à 100°.....	9 ,660
Poids du résidu	1 ,492

Il est soluble dans l'alcool (environ 12^{gr} pour 100^{gr} d'alcool à 95 à la température de 20°), très soluble dans l'alcool bouillant, légèrement soluble dans l'éther, qui le décompose peu à peu, et dans le chloroforme. Il fond vers 175°, se décompose à partir de 180° en se boursouflant et laisse à l'incinération un faible résidu d'oxyde de zinc.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0,800			
Poids de ZnO.....	0,122	*Zinc*.....	12,04	12,17
Poids de matière..	0,400			
Poids de AgI.....	0,350	*Iode*.....	47,27	47,38
Poids de matière..	0,400			
Poids de CO^2....	0,395	*Carbone*.....	26,93	26,97
Poids de H^2O....	0,122	*Hydrogène*...	3,38	2,99
Poids de matière..	0,500			
Volume d'azote...	46^{cc},5			
Pression réduite..	760^{mm}	*Azote*.....	10,65	10,49
Température.....	25°			

Additionné d'une quantité d'alcool insuffisante pour le dissoudre et traité par un excès de phénylhydrazine, l'iodure de zinc diphénylhydrazinique se dissout ; il se forme une nouvelle combinaison que nous allons décrire et qui contient 5 molécules de phénylhydrazine pour une molécule d'iodure.

$$2^0\ ZnI^2.\ 5\ (C^6H^5,Az^2H^3)$$

Pour préparer cette combinaison, on verse la quantité théorique de phénylhydrazine dans de l'iodure de zinc en solution alcoolique à 50 pour 100 et l'on refroidit pendant quelques heures le liquide dans un mélange réfrigérant. Il se forme un abondant précipité cristallin en masses agglomérées, qu'on égoutte et qu'on lave rapidement par décantation avec de l'alcool refroidi à 0°. Le précipité bien égoutté est ensuite repris par un volume de chloroforme égal à celui du liquide primitif ; il s'y dissout à peu près entièrement. On filtre et on concentre la solution chloroformique par évaporation à la température ordinaire. Il se dépose des masses cristallines blanches, formées par un feutrage serré de prismes et de lamelles quadrangulaires.

Le composé ainsi obtenu est soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, dans l'éther et dans le chloroforme. Il fond à 79° et se décompose vers 90°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	1gr,000	*Iode*	29,50	29,49
Poids de AgI....	0 ,546			
		Phénylhydrazine	62,80	62,94

ÉTUDE THERMIQUE DE L'ACTION DE LA PHÉNYLHYDRAZINE SUR L'IODURE DE ZINC

Afin d'avoir une idée de la quantité de chaleur dégagée dans l'action d'un sel métallique de la série magnésienne sur la phénylhydrazine, j'ai choisi l'iodure de zinc pour faire des mesures exactes, parce qu'il est très soluble dans l'alcool, parce qu'il donne deux combinaisons phénylhydraziniques et que ces deux combinaisons sont parmi les plus solubles dans l'alcool. On peut donc opérer avec des solutions alcooliques assez concentrées de chacun des composants, sans que la combinaison se précipite, et obtenir des élévations de températures suffisantes pour que les mesures calorimétriques soient précises.

Les déterminations qui suivent ont été effectuées dans le laboratoire de M. le professeur Massol, que je remercie d'avoir mis son outillage calorimétrique à ma disposition et de m'avoir aidé de ses conseils.

L'iodure de zinc et la phénylhydrazine ont été dissous dans de l'alcool à 95° centésimaux : l'iodure de zinc à la dose de 79 gr. 75 par litre, soit 1 gramme-molécule dans 4 litres ; la phénylhydrazine à la dose de 54 gr. par litre, soit 1 gramme-molécule dans 2 litres. En faisant agir successivement sur une molécule d'iodure de zinc 1, 2, 3.... 6 molécules de phénylhydrazine, on trouve les valeurs suivantes pour les quantités de chaleur dégagées par molécule, en prenant pour valeur en eau du centimètre cube d'alcool le nombre 0,571 :

1re molécule de phénylhydrazine		+ 2cal.,65
2e	—	+ 1 ,77
3e	—	+ 1 ,28
4e	—	+ 0 ,92
5e	—	+ 0 ,66
6e	—	0

Par conséquent, pour le composé $ZnI^2.2(C^6H^5, Az^2H^3)$, on a :

$$\underset{(1\text{ mol. dans }4\text{ l.})}{ZnI^2} + \underset{(2\text{ mol. dans }4\text{ l.})}{2(C^6H^5,Az^2H^3)} = \underset{(1\text{ mol. dans }8\text{ l.})}{ZnI^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)} + 4^{cal.},42$$

et pour le composé $ZnI^2.5(C^6H^5,Az^2H^3)$ la quantité de chaleur dégagée est :

$$\underset{(1\text{ mol. dans }4\text{ l.})}{ZnI^2} + \underset{(5\text{ mol. dans }10\text{ l.})}{5(C^6H^5,Az^2H^3)} = \underset{(1\text{ mol. dans }14\text{ l.})}{ZnI^2.5(C^6H^5,Az^2H^3)} + 7^{cal.},28$$

Pour rapporter les quantités de chaleur à l'état solide, nous avons déterminé la chaleur de dissolution dans l'alcool à 95° de l'iodure de zinc, de la phénylhydrazine, de l'iodure de zinc biphénylhydrazinique et de l'iodure de zinc pentaphénylhydrazinique ; ces chaleurs sont :

Chaleur de dissolution de ZnI^2 dans 4 litres d'alcool à 95°.....	+ 12cal,26
Chaleur de dissolution de C^6H^5,Az^2H^3 liquide dans 2 litres d'alcool à 95°.....	— 0 ,73
Chaleur de fusion de la phénylhydrazine (M. Berthelot).....	— 2 ,65
Chaleur de dissolution de $ZnI^2.2(C^6H^5, Az^2H^3)$ cristallisé dans 8 litres d'alcool à 95°	— 8 ,53
Chaleur de dissolution de $ZnI^2.5(C^6H^5,Az^2H^3)$ cristallisé dans 20 litres d'alcool à 95°....	— 25 ,39

En appelant x et y les quantités de chaleur dégagées respectivement par l'union de 1 molécule d'iodure de zinc solide avec 2 et 5 molécules de phénylhydrazine solide, les combinaisons étant elles-mêmes à l'état solide, on a :

$$x = 4,42 + 12,26 + 8,53 - 2(0,73 + 2,65) = 18^{cal.},45$$
$$y = 7,28 + 12,26 + 25,39 - 5(0,73 + 2,65) = 28 ,03$$

Ces quantités de chaleur sont, comme on le voit, assez élevées ;

la première est sensiblement égale à la chaleur de formation de l'acétate de sodium à l'état solide (18 cal, 3), à l'aide de l'acide hydraté solide et de la base hydratée solide.

On peut rapprocher des combinaisons formées par les chlorures, bromure et iodure de zinc avec 2 molécules de phénylhydrazine un certain nombre de combinaisons de ces sels avec une autre base organique.

M. Tombeck [1] a décrit récemment les combinaisons formées par les chlorure, bromure et iodure de zinc avec deux molécules d'aniline, d'orthotoluidine, de xylidine, ou de picoline et a signalé l'existence de combinaisons avec la lutidine et la collidine.

M. R. Varet [2] a décrit la combinaison formée par la pyridine (2 mol.) avec l'iodure de zinc et étudié l'action de la pipéridine sur les sels halogénés de zinc.

On connaît aussi une combinaison formée par la créatinine avec le chlorure de zinc : $ZnCl^2.2\,C^4H^7Az^3O$.

Il n'a pas été décrit de combinaison avec plus de 2 molécules de base organique, qui corresponde au composé $ZnI^2.5(C^6H^5,Az^2H^3)$, ni de combinaison du fluorure de zinc avec aucune base organique, correspondant aux combinaisons phénylhydraziniques.

La diphénylhydrazine symétrique ne m'a pas donné de combinaisons avec les sels halogénés du zinc, ni avec aucun autre sel de zinc, à cause de l'absence du groupement AzH^2 dans sa molécule ; mais avec l'isomère de ce corps, la benzidine ou diamidophényle, j'ai obtenu des combinaisons bien cristallisées répondant aux formules :

$$4\,ZnCl^2.\ 5(AzH^2,C^6H^4 — C^6H^4,AzH^2)$$
$$4\,ZnI^2.\ 9(AzH^2,C^6H^4 — C^6H^4,AzH^2)$$

Parmi les combinaisons ammoniées des sels halogénés du zinc, il en est qui correspondent aux combinaisons phénylhydrazini-

[1] *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 961 et 1531.

[2] *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 1156.

ques ; ce sont celles qui figurent en lettres italiques dans le tableau suivant :

$ZnCl^2.AzH^3$.....	»	»
$ZnCl^2.2\,AzH^3 + {}^1/_2\,H^2O$.	$ZnBr^2.2\,AzH^3 + H^2O$.	(non décrit).
»	$5\,ZnBr^2.8AzH^3 + 2\,H^2O$	»
»	$5\,ZnBr^2.10AzH^3 + H^2O$	»
$ZnCl^2.4\,AzH^3 + H^2O$ ...	»	$ZnI^2.4\,AzH^3$.
$ZnCl^2.5\,AzH^3$.....	$ZnBr^2.5\,AzH^3$	$ZnI^2.5\,AzH^3$

Il faut encore citer une combinaison formée par le chlorure de zinc avec l'hydroxylamine $ZnCl^2.2AzH^3O$. Il n'a pas été décrit de combinaison ammoniée du fluorure de zinc.

B. — Combinaisons de la phénylhydrazine avec les sels de zinc a acide minéral oxygéné

Le sulfite de zinc phénylhydrazinique $SO^3Zn.2\,(C^6H^5.Az^2H^5)$ a été obtenu récemment par M. Pastureau [1] en traitant une solution de chlorure de zinc à 10 % dans l'eau acidulée, par la moitié de son volume de la solution de bisulfite de sodium des laboratoires et le vingtième environ de son volume de phénylhydrazine. On obtient un précipité butyreux, soluble dans l'eau à la faveur de l'anhydride sulfureux et se déposant de sa solution en aiguilles cristallines, quand on chasse l'anhydride sulfureux au bain-marie.

Quand on fait agir à froid sur du sulfate de zinc en poudre très fine un grand excès de phénylhydrazine (10 molécules pour 1 de sel), le sulfate de zinc, à l'inverse du sulfate de nickel et de cobalt, ne fixe que 2 molécules de phénylhydrazine. La combinaison qui se forme avait été déjà obtenue par Scherning (*loc. cit.*) par l'action de la phénylhydrazine sur un poids égal de sulfate de zinc en solution bouillante, à 4 % environ ; par évaporation du liquide, il se fait des cristaux aciculaires, insolubles dans l'alcool et l'éther.

[1] *Comptes Rendus*, 1898, tom. CXXVII, pag. 485.

Séléniate de zinc phénylhydrazinique

$SeO^4Zn.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

J'ai obtenu cette combinaison en ajoutant à une solution aqueuse d'iodure de zinc biphénylhydrazinique saturée à froid du séléniate de sodium en solution concentrée, en léger excès par rapport à la quantité théorique. Il se forme peu à peu un précipité blanc, à cristallisation confuse, qu'on lave avec un peu d'eau froide, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

On peut aussi obtenir du séléniate de zinc phénylhydrazinique en traitant de l'acétate de zinc phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Zn.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

par du séléniate de soude. A cet effet, on fait réagir les substances en solution aqueuse à 10 % et à la température de 80° ; à l'ébullition, le liquide deviendrait rougeatre par suite de la formation de sélénium métalloïdique par réduction. Par le refroidissement du mélange, on obtient des cristaux prismatiques courts, adhérant aux parois du vase.

Le séléniate de zinc phénylhydrazinique est peu soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et dans l'éther ; il se décompose sans fusion préalable au-dessus de 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de ZnO....	0 ,195	*Zinc*.....	15,65	15,33
		Phénylhydrazine.	50,88	51,4

Les sélénites sont réduits rapidement par la phénylhydrazine. Quand on ajoute quelques gouttes d'une solution d'iodure de zinc biphénylhydrazinique à une solution de sélénite de sodium, il se forme un précipité blanc amorphe, qui devient très rapidement rouge-brun ; en même temps, il se dégage de l'azote.

En ajoutant au contraire un peu de sélénite à un excès d'iodure de zinc phénylhydrazinique en solution, le précipité blanc qui se forme s'altère plus lentement et on peut y observer au microscope des amas arrondis formés de cristaux prismatiques épais.

Azotate de zinc phénylhydrazinique

$(AzO^3)^2Zn.\ 3(C^6H^5,\ Az^2H^3)$

Pour préparer ce composé, on verse peu à peu de la phénylhydrazine (2 à 3 molécules), en solution alcoolique à 10 pour 100, dans une solution alcoolique d'azotate de zinc (1 mol.) de même concentration. Il se forme un précipité blanc d'azotate de zinc phénylhydrazinique mélangé d'un peu d'oxyde de zinc ou d'azotate basique. On isole la combinaison phénylhydrazinique en chauffant le mélange au B. M. jusqu'à l'ébullition et filtrant à chaud. Le liquide filtré se prend en masse par le refroidissement, en donnant un feutrage d'aiguilles et de longues lamelles nacrées.

La combinaison ainsi obtenue, lavée à l'alcool, essorée et desséchée dans le vide, se présente sous forme d'écailles brillantes rappelant l'acide borique. Elle est soluble dans l'eau et dans l'alcool, beaucoup plus à chaud qu'à froid, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Elle fond en se décomposant vers 170° ; chauffée sur une lame de platine, elle déflagre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,500			
Poids de ZnO.....	0 ,080	*Zinc*	12,84	12,67
Poids de matière..	0gr,400	*Carbone*.....	41,66	42,10
Poids de CO^2.....	0 ,611			
Poids de H^2O.....	0 ,173	*Hydrogène*.....	4,80	4,68

Hypophosphite de zinc phénylhydrazinique

$(PhO^2H^2)^2Zn.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Cette combinaison s'obtient en versant peu à peu de la phénylhydrazine, en léger excès par rapport à la quantité théorique, dans une solution aqueuse bouillante d'hypophosphite de zinc à 15 p. 100. Le liquide, filtré chaud pour le débarrasser d'un léger trouble, donne par refroidissement un précipité abondant d'hypophosphite de zinc phénylhydrazinique bien cristallisé en lames rhomboïdales.

Cette combinaison est peu soluble dans l'eau froide, insoluble

dans l'alcool froid, légèrement soluble à chaud. A 130°, elle commence à se décomposer et vers 140° sa décomposition devient très vive. Quand on chauffe une solution de cette combinaison avec un peu de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique, on obtient un précipité d'hydrure cuivreux ; la réaction est un peu plus lente qu'avec les hypophosphites seuls à cause de la présence de la phénylhydrazine, ainsi qu'on peut s'en assurer en ajoutant un peu de phénylhydrazine à une solution d'hypophosphite de sodium.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de ZnO.....	0 ,200	*Zinc*.....	16,05	15,81
Poids de matière...	1 ,000			
Poids de $Ph^2O^7Mg^2$.	0 ,534	*Phosphore*.....	14,91	15,08
		Phénylhydrazine.	51.00	52,55

Pyrophosphate de zinc phénylhydrazinique

$Ph^2O^7Zn^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Lorsqu'on fait digérer à froid du pyrophosphate de zinc en poudre avec son poids de phénylhydrazine liquide, ce qui correspond à 1 molécule environ de sel pour 3 molécules de phénylhydrazine, le mélange prend peu à peu une consistance de plus en plus ferme. Au bout d'un mois, la masse est presque solide; on l'épuise par l'alcool froid pour enlever l'excès de phénylhydrazine. Le résidu est constitué par du pyrophosphate de zinc phénylhydrazinique presque pur, souillé par très peu de pyrophosphate de zinc non combiné.

Cette combinaison est insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther. Elle ne fond pas jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de PbO^4Bi..	1 ,201	*Phosphore*.....	12,20	11,92
		Phénylhydrazine	39,90	41,53

Le carbonate de zinc ne forme pas de combinaison avec la phénylhydrazine.

Les combinaisons formées par les sels de zinc à acide minéral

avec les amines aromatiques, les bases pyridiques et les bases quinoléiques ne sont pas connues. Les combinaisons formées avec l'ammoniaque sont réunies dans le tableau suivant, avec les combinaisons phénylhydraziniques en regard.

$SO^3Zn.\ AzH^3$	$SO^3Zn.\ 2\varphi$ [1]
$SO^4Zn.\ 2AzH^3 + H^2O$	$SO^4Zn.\ 2\varphi$
— $4AzH^3 + 2H^2O$	
— $5AzH^3$	
$Az^2O^6Zn.\ 4AzH^3 + {}^2/_3H^2O$	$Az^2O^6Zn.\ 3\varphi$
$3Ph^2O^7Zn^2.\ 4AzH^3 + 9H^2O$	$Ph^2O^7Zn^2.\ 2\varphi$

Il n'a pas été décrit de combinaisons du séléniate, ni de l'hypophosphite de zinc avec AzH^3.

C. Combinaisons de la phénylhydrazine avec les sels de zinc a acide organique

Formiate de zinc phénylhydrazinique

$(CHO^2)^2Zn.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir cette combinaison, on chauffe pendant une demi-heure environ au bain-marie, avec refrigérant ascendant, un mélange formé de 16 gram. de formiate de zinc, de 21 gram. de phénylhydrazine et de 100 centim. cubes d'alcool à 95°. Le liquide devient presque complètement limpide; filtré à chaud, il donne par refroidissement une cristallisation abondante (longs prismes groupés en amas épineux).

Le formiate de zinc phénylhydrazinique est peu soluble dans l'eau; sa solution aqueuse, qui présente une réaction légèrement acide, ne se trouble pas à l'ébullition. Il est peu soluble dans l'alcool froid (0gr,16 pour 100 centim. cubes d'alcool à 95°), très légèrement soluble dans le chloroforme, insoluble dans l'éther, qui le décompose en lui enlevant de la phénylhydrazine.

Il fond en se décomposant à 135°.

[1] φ désigne la molécule de phénylhydrazine.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000	*Zinc*.....	17,73	17,52
Poids de ZnO.....	0 ,221			
		Phénylhydrazine.	57,4	58,20

Acétate de zinc phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Zn.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé se forme quand on fait bouillir au bain-marie, avec refrigérant ascendant, de l'acétate de zinc avec une solution alcoolique de phénylhydrazine à 15 %, de manière à faire réagir 2,5 molécules de phénylhydrazine sur une molécule de sel de zinc. On filtre à chaud ; le composé se dépose par refroidissement sous forme de tables rhomboïdales épaisses. On lave ces cristaux à l'alcool froid, on les essore et on les dessèche dans le vide.

L'acétate de zinc phénylhydrazinique est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool à froid, très soluble à chaud, notablement soluble dans le chloroforme, insoluble dans l'éther; sa solution aqueuse se trouble légèrement par la chaleur. Il fond vers 135° ; il se décompose peu à peu à 104°, en perdant de la phénylhydrazine.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000	*Zinc*.....	16,29	16,29
Poids de ZnO.....	0 ,203			
Poids de matière..	0 ,400	*Carbone*.....	48,41	48,12
Poids de CO^2.....	0 ,710			

Valérianate de zinc phénylhydrazinique

$(C^5H^9O^2)^2Zn.\ 2\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

Quand on mélange à froid 15 gram. de valérianate de zinc (1 molécule), 12 gram. de phénylhydrazine (2,5 molécules) et 50 centim. cubes d'alcool, le mélange se prend en masse par l'agitation. Par le chauffage au bain-marie, on obtient un liquide à peu près limpide qui, après filtration, donne par le refroidissement une masse cristalline, formée de prismes striés sur leurs

faces ; on lave les cristaux à l'alcool froid, on les essore et on les dessèche dans le vide.

Le valérianate de zinc phénylhydrazinique ainsi obtenu se dissout en petite quantité dans l'eau froide, en donnant une solution à réaction légèrement acide qui se trouble à l'ébullition, comme les solutions de valérianate de zinc. Il est assez soluble à froid dans l'alcool, $3^{gr},6$ dans 100 centim. cubes d'alcol à 95, assez soluble également dans le chloroforme, dans la benzine et dans l'éther. La solution éthérée se trouble peu à peu à froid par suite de la décomposition de la combinaison en phénylhydrazine et en valérianate de zinc insoluble dans l'éther. La combinaison fond à 120°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$1^{gr},000$	*Zinc*	13,48	13,45
Poids de ZnO	0,168	*Phénylhydrazine.*	43,9	44,71

Le stéarate de zinc traité par de la phénylhydrazine, dans les mêmes conditions que le valérianate, ne se combine pas avec la phénylhydrazine.

Oxalate de zinc phénylhydrazinique

$C^2O^4Zn.\ 2\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

Lorsqu'on abandonne pendant plusieurs mois, à une température de 20 à 30°, de l'oxalate de zinc en poudre très fine, avec un excès de phénylhydrazine (4 à 5 molécules pour 1 molécule de sel), en agitant de temps en temps, la combinaison s'effectue et la masse prend une consistance très ferme. On l'épuise à l'alcool froid pour enlever l'excès de phénylhydrazine, et le résidu, bien essoré, est desséché dans le vide. La combinaison ainsi obtenue répond sensiblement à la formule ci-dessus ; la quantité de zinc trouvée est un peu supérieure à la quantité théorique, une petite quantité d'oxalate de zinc ayant pu échapper à l'action de la phénylhydrazine, notamment les parties centrales des grains un peu gros.

L'oxalate de zinc phénylhydrazinique est à peu près insoluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. L'eau le décompose rapidement, surtout à chaud, en dissolvant la phénylhydrazine et laissant un résidu d'oxalate de zinc.

Analyse du composé :

Poids de matière.. 1gr,376
Poids de ZnO..... 0 ,324

	Trouvé p. 100	Théorie
Zinc.....	18,90	17,6
Phénylhydrazine.	57,2	58,5

Lactate de zinc phénylhydrazinique

$(C^3H^5O^3)^2Zn.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on chauffe pendant une demi-heure au bain-marie, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, un mélange de 20 gram. de lactate de zinc cristallisé, 40 gram. de phénylhydrazine et 400 centim. cubes d'alcool. Après filtration à chaud, le liquide donne par refroidissement des cristaux qui apparaissent au microscope sous forme de lamelles rhomboïdales minces et allongées, libres ou groupées en rosaces. On lave ces cristaux à l'alcool, et, après les avoir essorés, on les dessèche dans le vide.

Le lactate de zinc phénylhydrazinique est peu soluble dans l'alcool froid (0gr,36 environ pour 100 centim. cubes d'alcool à la température de 17°), plus soluble dans l'eau que dans l'alcool ; la solution aqueuse a une réaction légèrement acide et ne se trouble pas à l'ébullition. Il est insoluble dans le chloroforme ainsi que dans l'éther qui lui enlève peu à peu de la phénylhydrazine. Il ne subit pas de fusion quand on le chauffe progressivement jusqu'à 260°, mais si on projette sur le bloc de Maquenne chauffé à 260° un peu de composé, il fond immédiatement ; il fond dans ces conditions même à 180°. L'absence de fusion à 250° quand le chauffage a été lent est due à la perte progressive de phénylhydrazine.

Analyse du composé :

Poids de matière.. 0gr,632
Poids de ZnO .... 0 ,111

	Trouvé p. 100	Théorie
Zinc.....	14,09	14,16
Phénylhydrazine.	46,20	47,06

Benzoate de zinc phénylhydrazinique

$(C^7H^5O^2)^2Zn.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

On prépare cette combinaison en ajoutant à froid 20 gram. de phénylhydrazine (3 molécules) à un mélange de 20 gram. de benzoate de zinc (2 molécules) et de 100 centim. cubes d'alcool à 95 °/₀. On agite; tout le sel se dissout. Au bout de 3 ou 4 minutes, il se dépose du liquide un abondant précipité cristallin formé de lames rhomboïdales voisines du rectangle, libres ou groupées en rosaces. Ces cristaux sont lavés à l'alcool, essorés et desséchés dans le vide.

Ils sont peu solubles dans l'eau et dans l'alcool à froid, assez solubles à chaud, insolubles dans l'éther qui leur enlève de la phénylhydrazine, légèrement solubles dans le benzène.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de ZnO....	0 ,153	*Zinc*.....	12,28	12,42
		Phénylhydrazine.	40,39	41,33

Des essais faits en vue de combiner à la phénylhydrazine le cyanure de zinc, qui forme des combinaisons avec la pyridine[1] et avec l'ammoniaque[2], sont restés sans résultats. Les essais ont échoué également avec le tartrate de zinc; quand on traite par du tartrate de sodium en solution concentrée une solution saturée à froid ou à chaud, soit de chlorure de zinc phénylhydrazinique, soit de valérianate de zinc phénylhydrazinique, on obtient un précipité de tartrate de zinc ne contenant pas de phénylhydrazine.

Les combinaisons que doivent former certains sels de zinc organiques avec les amines aromatiques, les bases pyridiques et les bases quinoléiques, n'ont pas encore été étudiées; seule, une combinaison anilinée de l'acétate de zinc a été signalée récemment[3], par M. Tombeck.

[1] Varet; *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 1156.

[2] *Bulletin de la Société chimique*, nouvelle série, tom. XLIX, pag. 631.

[3] *Comptes rendus*, tom. CXXVI, pag. 967.

Avec la benzidine, j'ai obtenu une combinaison cristallisée d'acétate de zinc benzidinique.

Les combinaisons formées par les sels de zinc à acide organique avec l'ammoniaque sont très peu connues. L'acétate de zinc ne fixe qu'une molécule d'ammoniaque, en donnant le composé $(C^2H^3O^2)^2Zn.\ AzH^3$ obtenu par Lutschak, décomposable par l'eau avec mise en liberté d'oxyde de zinc.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE CADMIUM

Chlorure de cadmium phénylhydrazinique

$CdCl^2.\ 2\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé s'obtient en faisant agir du chlorure de cadmium en solution alcoolique à 2 p. 100 sur de la phénylhydrazine en solution alcoolique à 10 p. 100 (2 molécules de phénylhydrazine pour une de sel). Il se forme un volumineux précipité cristallin, qu'on lave à l'alcool, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide ; les cristaux sont anhydres.

On peut aussi préparer le composé en solution aqueuse en versant, peu à peu, et en agitant, de la phénylhydrazine (1,5 mol.) dans une solution bouillante de chlorure de cadmium (1 mol.) contenant 5 gr. de sel par litre. On filtre à chaud ; la combinaison cristallise par refroidissement sous forme de lamelles prismatiques.

Le chlorure de cadmium phénylhydrazinique est très peu soluble dans l'alcool et dans l'eau ; 100 gram. d'eau dissolvent 0 gr. 115 de substance à 17° et 0 gr. 751 à 100°.

Poids de solution saturée à 17°.....	26gr,955
Poids du résidu.....	0 ,031
Poids de solution saturée à 100°.....	12 ,060
Poids du résidu.....	0 ,090

La combinaison est insoluble dans l'éther, dans le chloroforme et dans le benzène.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,400			
Poids de AgCl....	0 ,287	*Chlore*.....	17,74	17,81
Poids de matière..	0 ,300			
Poids de CO^2.....	0 ,395	*Carbone*.....	35,90	36,12

Bromure de cadmium phénylhydrazinique

$Cd\,Br^2.\ 2\,(C^6H^5, Az^2H^3)$

Quand on verse 200 cent. cubes d'une solution alcoolique de phénylhydrazine à 5 p. 100 dans 350 cc. d'une solution alcoolique de bromure de cadmium cristallisé à 5 p. 100, on obtient un volumineux précipité blanc, confusément cristallisé, de bromure de cadmium phénylhydrazinique. En dissolvant le précipité dans l'eau chaude, on obtient par refroidissement la combinaison cristallisée en longues lamelles quadrangulaires groupées en rosaces.

On peut d'ailleurs l'obtenir directement à l'état cristallisé en versant peu à peu 8 gr. de phénylhydrazine (1,5 mol.) dans 1 litre de solution bouillante contenant 13 gr. (1 mol.) de bromure de cadmium, en filtrant à chaud et en laissant refroidir.

Les cristaux, desséchés dans le vide, sont anhydres ; ils sont très peu solubles dans l'eau et dans l'alcool à froid, plus solubles à chaud. Ils résistent, sans perdre de poids, à une température de 150° pendant plusieurs heures ; ils se décomposent sans fusion préalable à une température plus élevée.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,800			
Poids de CdO....	0 ,208	*Cadmium*.....	22,75	22,92
Poids de matière.	0gr,800			
Poids de AgBr...	0 ,6175	*Brome*.....	32,90	32,75
Poids de matière.	0gr,400			
Volume d'azote..	41cc			
Pression réduite.	760mm	*Azote*.....	11,61	11,49
Température....	22°			
Poids de matière.	0gr,400	*Carbone*.....	29,38	29,55
Poids de CO^2...	0 ,431			
Poids de H^2O....	0 ,126	*Hydrogène*.....	3,50	3,29

Iodure de cadmium phénylhydrazinique

$CdI^2.2\,(C^6H^5, Az^2H^3)$

Pour le préparer, on verse peu à peu 10 gr.,8 de phénylhydrazine, en solution alcoolique à 5 p. 100, dans 360 cc. d'une solution alcoolique à 5 p. 100 d'iodure de cadmium (2 mol. de sel,

pour 1 mol. de phénylhydrazine). La combinaison se sépare sous forme d'un volumineux précipité blanc cristallin, formé de fines aiguilles microscopiques, qu'on lave à l'alcool, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide. Ces cristaux sont anhydres. On les obtient mieux formés et réunis en touffes, par le refroidissement de leur solution aqueuse saturée à chaud.

L'iodure de cadmium phénylhydrazinique est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool à froid, à peu près insoluble dans l'éther qui le décompose légèrement, insoluble dans le chloroforme. Mis en suspension dans une quantité d'alcool insuffisante pour le dissoudre et traité par un excès de phénylhydrazine, il se dissout en fixant de nouvelles molécules de cette base. Chauffé jusqu'à 260°, il ne subit aucune altération apparente.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière	0gr,660			
Poids de CdO..	0 ,1445	*Cadmium*.....	19,13	19,24
Poids de matière	0 ,500			
Poids de AgI...	0 ,403	*Iode*.....	43,54	43,57
Poids de matière	0 ,500			
Volume d'azote..	43cc,2			
Pression réduite.	762mm	*Azote*.....	9,97	9,64
Température....	23°			

Hyposulfite de cadmium phénylhydrazinique

$S^2O^3Cd.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé se forme quand on ajoute 2 molécules de phénylhydrazine, en solution à 6 p. 100 dans l'alcool au tiers, à une solution contenant un mélange de sulfate de cadmium (1 molécule) et d'hyposulfite de sodium (1 molécule) ; cette solution doit renfermer 7 p. 100 du premier sel et 5 p. 100 du second. Il se forme un volumineux précipité blanc, constitué par de fines aiguilles cristallines, qu'on recueille sur un filtre et qu'on délaie de nouveau dans l'eau. Le précipité, recueilli sur un nouveau filtre, est lavé à l'eau froide, essoré et desséché dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est anhydre ; il est très peu soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool à froid, légèrement soluble à

chaud, insoluble dans l'éther et le chloroforme, qui lui enlèvent de la phénylhydrazine. Il dégage des vapeurs de phénylhydrazine vers 160°; il ne fond pas jusqu'à 250°. Il se dissout dans l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, et la solution donne peu à peu un dépôt de soufre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000	*Cadmium*.....	25,37	25,45
Poids de CdO....	0 ,290			
Poids de matière..	1 ,000	*Soufre*..... ..	14,75	14,54
Poids de SO^4Ba..	1 ,073			
Poids de matière..	0 ,300	*Carbone*.....	32,81	32,73
Poids de CO^2.....	0 ,361			

Hyposulfate de cadmium phénylhydrazinique

$S^2O^6Cd.\ 5\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

On obtient cette combinaison par double décomposition, en mélangeant à froid des solutions aqueuses saturées d'hyposulfate manganeux phénylhydrazinique[1] et d'acétate de cadmium phénylhydrazinique. L'hyposulfate de cadmium phénylhydrazinique se dépose peu à peu à l'état cristallisé.

Il est très peu soluble dans l'eau, à peu près insoluble dans l'alcool et dans l'éther.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,500	*Soufre*.....	7,41	7,88
Poids de SO^4Ba...	0 ,269			
		Phénylhydrazine.	65,4	66,4

Azotate de cadmium phénylhydrazinique

$(AzO^3)^2Cd.\ 3\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

Cette combinaison se forme quand on verse, peu à peu et en agitant, une solution alcoolique de phénylhydrazine à 10 % dans une solution alcoolique d'azotate de cadmium à 5 % (4 à 5 mol. de phénylhydrazine pour une d'azotate). Il se fait un volumineux précipité blanc, d'aspect nacré, formé par un feutrage de lamelles

[1] Voir pag. 70.

rhomboïdales, qu'on lave à l'alcool froid, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

L'azotate de cadmium phénylhydrazinique ainsi obtenu est soluble dans l'eau et dans l'alcool, surtout à chaud, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Il fond à 185° et se décompose en se boursouflant vers 190°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,485			
Poids de SO^4Cd...	0 ,179	*Cadmium*.....	19,87	19,95
Poids de matière..	0 ,300			
Poids de CO^2.....	0 ,420	*Carbone*.....	38,17	38,61
Poids de H^2O.....	0 ,125	*Hydrogène*.....	4,63	4,29

Formiate de cadmium phénylhydrazinique

$(CHO^2)^2Cd.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Le formiate de cadmium phénylhydrazinique s'obtient en versant peu à peu 20 centim. cubes de phénylhydrazine dans 200 cent. cubes d'une solution aqueuse bouillante de formiate de cadmium à 10 %. Après avoir maintenu l'ébullition pendant quelques minutes, on filtre à chaud et le liquide abandonne par refroidissement un abondant précipité cristallin, formé de lamelles très minces, qu'on lave à l'eau froide et qu'on dessèche.

Le formiate de cadmium phénylhydrazinique est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool à froid, très soluble à chaud, insoluble dans l'éther ; il fond vers 148° en se décomposant.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,500			
Poids de SO^4Cd...	0 ,244	*Cadmium*.....	26,26	26,74

Acétate de cadmium phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Cd.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour préparer ce composé, on chauffe au bain-marie, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, 23 grammes d'acétate de cadmium avec 120 centim. cubes d'une solution alcoolique de phénylhydrazine à 18 %, ce qui correspond sensiblement aux quan-

tités théoriques. Après un quart d'heure d'ébullition, on laisse refroidir. Il se forme au bout de quelques heures quelques amas de cristaux au fond du vase; si on écrase ces amas et qu'on répartisse les cristaux dans le liquide, celui-ci se prend presque aussitôt en une masse formée de cristaux prismatiques très allongés réunis en étoiles. On filtre à la trompe, on lave les cristaux à l'alcool et on les dessèche dans le vide.

L'acétate de cadmium phénylhydrazinique ainsi obtenu est soluble dans l'eau et dans l'alcool, surtout à chaud, insoluble dans l'éther, légèrement soluble dans le chloroforme. Il fond à 121° et se décompose à quelques degrés au-dessus.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de SO^4Cd..	0 ,460	*Cadmium*	24,77	25,06
Poids de matière..	0gr,300			
Poids de CO^2.....	0 ,471	*Carbone*	42,81	43,08

L'aniline et la toluidine forment avec le chlorure, le bromure, l'iodure et le sulfate de cadmium des combinaisons de même formule que les combinaisons phénylhydraziniques correspondantes, c'est-à-dire renfermant 2 molécules de base organique pour une molécule de sel; l'azotate de cadmium, qui se combine à 3 mol. de phénylhydrazine, forme une combinaison avec 2 mol. d'aniline[1].

La pyridine, outre la combinaison $CdBr^2$. 2 C^5H^5Az, correspondant à la combinaison phénylhydrazinique, donne le composé $CdBr^2$. 6 C^5H^5Az; la pipéridine forme aussi avec les sels halogénés du cadmium des combinaisons qui n'ont pas été analysées[2].

Avec la benzidine et le sulfate de cadmium, j'ai obtenu une combinaison cristallisée anhydre, répondant à la formule SO^4Cd (AzH^2, C^6H^4-C^6H^4, AzH^2), en ajoutant à une solution aqueuse bouillante de benzidine à 1 p. 100 du sulfate de cadmium à

[1] Tombeck; *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 961 et 1531, et tom. CXXVI, pag. 967.

[2] R. Varet; *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 1156.

10 p. 100 (poids égaux de benzidine et de sel). La combinaison se sépare immédiatement à l'état cristallisé.

En fait de combinaisons ammoniées des sels de cadmium [1], on connaît les combinaisons des chlorures, bromure et iodure de cadmium avec 2 AzH^3 correspondant aux combinaisons phénylhydraziniques, ainsi que les combinaisons de $CdCl^2$ avec 1,3,4,5,6 $Az\,H^3$, et les composés $CdBr^2$. 4 $Az\,H^3$ et CdI^2. 6 $Az\,H^3$.

On connaît aussi des combinaisons ammoniées de quelques sels à acide minéral oxygéné : l'hyposulfate de cadmium fixe 4 molécules d'AzH^3 au lieu de 5 molécules de phénylhydrazine, le sulfate 4 et 6 au lieu de 2, l'azotate 1 et 6 au lieu de 3.

Il existe enfin une combinaison de $CdCl^2$ avec 2 molécules d'hydroxylamine.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE NICKEL

Chlorures de nickel phénylhydraziniques

1° $NiCl^2$. $2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé s'obtient sous forme de granulations cristallines quand on fait réagir en solutions alcooliques à 5 °/₀ les quantités théoriques de chlorure de nickel et de phénylhydrazine. Si on opère en liqueur aqueuse, en versant peu à peu 4 gr. de phénylhydrazine dans 500 cent. cubes d'une solution bouillante de chlorure de nickel à 1,2 °/₀, on obtient, par concentration et refroidissement du liquide, un produit nettement cristallisé, formé de faisceaux de fines aiguilles.

Le chlorure de nickel biphénylhydrazinique est très peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, plus soluble à chaud, insoluble dans l'éther. Il se décompose à 200°, sans subir de fusion préalable.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,451			
Poids de NiO....	0 ,099	*Nickel*.....	17,20	17,05
Poids de matière.	0 ,250			
Poids de AgCl...	0 ,205	*Chlore*.....	20,28	20,52

[1] Dictionnaire de Wurtz et suppléments.

Poids de matière.	$0^{gr},300$			
Volume d'azote..	$42^{cc},75$	*Azote*.....	16,41	16,18
Pression réduite..	758^{mm}			
Température	23^{o}			
Poids de matière.	0 ,333	*Carbone*	41,80	41,62
Poids de CO^2....	0 ,511			
Poids de H^2O...	0 ,148	*Hydrogène*	4,93	4,63

Le chlorure de nickel phénylhydrazinique forme un sel double avec le chlorure de zinc phénylhydrazinique.

$$2^{o}\ NiCl^2.5\,(C^6H^5,Az^2H^3)$$

Pour obtenir cette combinaison, on verse du chlorure de nickel (1 mol.) en solution alcoolique à 6 % dans un excès de phénylhydrazine (12 mol.). Le chlorure de nickel pentaphénylhydrazinique se dépose sous forme de cristaux bleus (longues lamelles rhomboïdales), qu'on lave à l'alcool, puis à l'éther, pour les débarrasser de l'excès de phénylhydrazine. On essore le produit et on le dessèche dans le vide.

La combinaison ainsi obtenue est peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, plus soluble à chaud, légèrement soluble dans l'éther et dans le chloroforme ; elle perd peu à peu de la phénylhydrazine à 100°. Chauffée sur le bloc de Maquenne, elle devient blanc-verdâtre vers 210°, brunit vers 220°, sans fondre jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$1^{gr},000$			
Poids de NiO.....	0 ,108	*Nickel*..	8,49	8,66
Poids de matière..	0 ,500			
Poids d'AgCl.....	0 ,2085	*Chlore*	10,31	10,61
		Phénylhydrazine.	80,09	80,73

Iodure de nickel phénylhydrazinique

$$Ni\,I^2.6\,(C^6H^5,Az^2H^3)$$

Quand on ajoute à 125 cent. cubes d'une solution alcoolique contenant 10 % d'iodure de nickel cristallisé, 6 cent. cubes de phénylhydrazine (soit 2 molécules pour une d'iodure), il ne se forme pas de précipité, même au bout de plusieurs jours. Si on

ajoute alors 12 cent. cubes de phénylhydrazine (soit 4 molécules de plus), en les versant peu à peu et en agitant, on obtient un précipité bleu-gris très abondant, formé de petites lamelles cristallines et constitué par de l'iodure de nickel hexaphénylhydrazinique. Le composé ainsi obtenu, lavé à l'alcool et essoré, s'altère à l'air dans l'espace de quelques heures en devenant brun. On l'obtient mieux cristallisé et moins altérable en le faisant recristalliser dans l'eau, où il est très soluble à chaud; il s'en dépose par refroidissement sous forme de prismes et de lames rectangulaires, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

L'iodure de nickel phénylhydrazinique est soluble dans l'eau et dans l'alcool, beaucoup plus à chaud qu'à froid, légèrement soluble dans l'éther et dans le chloroforme. Il se décompose peu à peu au-dessous de 100°, comme presque tous les composés riches en phénylhydrazine.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,500	*Nickel*.....	6,29	6,11
Poids de NiO.....	0 ,040			
Poids de matière..	0 ,400	*Carbone*.....	45,06	45,02
Poids de CO^2.....	0 ,661			
Poids de H^2O	0 ,195	*Hydrogène*.....	5,42	5,00
		Phénylhydrazine.	66,58	67,53

Azotate de nickel phénylhydrazinique

$(AzO^3)^2Ni.\ 4(C^6H^5,Az^2H^3)$

On prépare ce composé en versant rapidement, et en agitant, la quantité théorique de phénylhydrazine dans une solution alcoolique d'azotate de nickel à 20 %. Il se forme, au bout de peu de temps, un précipité cristallin bleu-clair, qui envahit peu à peu toute la masse du liquide; au microscope, le précipité apparaît sous forme de lamelles rhomboïdales très minces. Le précipité, recueilli sur un filtre, est lavé à l'alcool, essoré et desséché dans le vide.

L'azotate de nickel phénylhydrazinique est soluble dans l'eau et dans l'alcool, beaucoup plus à chaud qu'à froid, légèrement soluble dans le chloroforme, insoluble dans l'éther. Chauffé à

100°, il s'altère peu à peu, en perdant progressivement de son poids; il se décompose avec déflagration à 141°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.....	0gr,500			
Poids de SO^4Ni (1er dosage)	0 ,125	*Nickel* ..	9,55	9,53
— (2e dosage)	0 ,129			
Poids de matière.....	0 ,200			
Volume d'azote.....	39cc,6	*Azote* ...	22,99	22,78
Pression réduite	752mm			
Température	18°			

Sulfates de nickel phénylhydraziniques

$SO^4Ni.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$ et $SO^4Ni.\ 5\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

Outre la combinaison biphénylhydrazinique, obtenue par Schering en faisant agir en solution aqueuse des quantités de substances voisines de celle qu'indique la formule, le sulfate de nickel forme avec la phénylhydrazine la combinaison $SO^4Ni.5\ (C^6H^5,Az^2H^3)$ que j'ai obtenue de la façon suivante : on délaie peu à peu du sulfate de nickel très finement pulvérisé (1 molécule) dans un excès de phénylhydrazine (10 molécules); on agite de temps en temps le mélange, qui bleuit peu à peu et prend au bout d'une heure la consistance d'une pâte très ferme. On abandonne le mélange à lui-même pendant un ou deux jours et on l'épuise ensuite par de l'alcool pour enlever l'excès de phénylhydrazine ; on essore et on dessèche le résidu, qui est constitué par du sulfate de nickel pentaphénylhydrazinique.

Cette combinaison est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, qui l'abandonne par évaporation sous forme de tables rectangulaires, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Elle perd peu à peu de la phénylhydrazine à 100° ; elle ne fond pas quand on la chauffe peu à peu jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000	*Soufre*	4,87	4,61
Poids de SO^4Ba...	0 ,355			
Poids de matière..	1 ,000	*Nickel*	8,89	8,45
Poids de SO^4Ni...	0 ,234			
		Phénylhydrazine.	76,5	77,69

Hypophosphite de nickel phénylhydrazinique

$(PhO^2H^2)^2Ni.\ 2\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

L'hypophosphite de nickel phénylhydrazinique s'obtient en ajoutant à froid la quantité théorique de phénylhydrazine à une solution aqueuse au dixième d'hypophosphite de nickel, obtenue elle-même par double décomposition entre l'hypophosphite de baryum et le sulfate de nickel. L'addition de la phénylhydrazine détermine un précipité blanc-verdâtre peu abondant, qu'on sépare par le filtre et qu'on rejette. On réduit le filtratum au tiers environ de son volume, par évaporation au bain-marie vers 50°. L'hypophosphite de nickel phénylhydrazinique cristallise pendant l'évaporation en prismes et en lames rhomboïdales, formant des amas bleu-verdâtre adhérant aux parois du vase.

Ce composé est peu soluble dans l'eau froide, un peu plus soluble à chaud, très peu soluble dans l'alcool ; par l'action de la chaleur, il jaunit vers 170° sans fondre ni subir de décomposition vive jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de NiO.....	0 ,180	*Nickel*.....	14,15	14,48
Poids de matière..	0 ,858			
Poids de $Ph^2O^7Mg^2$	0 ,457	*Phosphore*.....	14,85	15,32
		Phénylhydrazine.	52,10	53,39

Acétate de nickel phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Ni.\ 3\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on chauffe pendant une demi-heure au bain marie, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, un mélange composé de 18 grammes d'acétate de nickel, de 28 cent. cubes de phénylhydrazine et de 100 cent. cubes d'alcool à 95°. Le sel se dissout entièrement en donnant un liquide vert-foncé, qui ne laisse rien déposer par le refroidissement. Si on agite énergiquement avec une baguette de verre une petite portion du liquide, on obtient un peu de précipité qui, ajouté au reste du

liquide, détermine la séparation de la combinaison sous forme d'une masse bleu-clair, tapissant les parois et le fond du flacon; la séparation est très lente, elle dure plusieurs jours. Le précipité, qui est de l'acétate de nickel phénylhydrazinique, présente au microscope des formes prismatiques très nettes, au milieu de masses confusément cristallisées; on le lave à l'alcool et à l'éther et on le dessèche dans le vide.

Il constitue une poudre bleu-verdâtre peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther, notablement soluble dans le chloroforme. Par l'action de la chaleur, il jaunit vers 140° et brunit ensuite jusqu'à 260°, sans fondre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	$1^{gr},000$			
Poids de SO^4Ni..	0 ,315	*Nickel*.....	11,97	11,71
Poids de substance	$0^{gr},500$			
Volume d'azote..	72^{cc}			
Pression réduite..	758^{mm}	*Azote*	16,91	16,78
Température	17°			

Les sels de nickel ont une tendance à donner des combinaisons plus riches en phénylhydrazine que les autres sels de la série magnésienne déjà décrits ou à décrire ; par exemple, l'iodure de nickel fixe 6 molécules et ne se combine pas à 2 molécules, alors que tous les autres iodures se combinent à 2 molécules, et que certains, comme l'iodure de zinc ou de manganèse, forment en outre une combinaison plus riche, mais avec 5 molécules de phénylhydrazine seulement. Le sulfate de nickel fixe 2 ou 5 molécules de phénylhydrazine, tandis que les autres sulfates n'en fixent que deux, à l'exception du sulfate de cobalt, qui en fixe 2 ou 4. Pour les azotates, l'azotate de nickel phénylhydrazinique est à 4 molécules, alors que les autres azotates sont à 3 ou à 2 (azotate de cobalt). Enfin, pour les acétates, tandis que les divers acétates de la série magnésienne se combinent à 2 molécules de phénylhydrazine, celui de nickel fixe 3 molécules de cette base.

Cette tendance des sels de nickel à s'unir de préférence à un grand nombre de molécules de base se retrouve pour certaines

combinaisons ammoniées et pour des combinaisons avec des bases organiques autres que la phénylhydrazine.

On ne connaît qu'un petit nombre de combinaisons des sels de nickel avec les bases organiques.

Le chlorure de nickel se combine avec 2 molécules d'aniline, comme avec la phénylhydrazine, le sulfate de nickel avec 6 molécules, au lieu de 2 ou 5 molécules de phénylhydrazine [1].

R. Varet [2] a décrit ou signalé des combinaisons formées par les sels halogènes du nickel avec la pyridine et la pipéridine, notamment $NiBr^2.C^5H^5Az$.

Kournakof [3] a isolé récemment une combinaison de chlorure de nickel avec 3 molécules d'éthylène-diamine.

Avec la benzidine, isomère de la diphénylhydrazine, j'ai obtenu, en opérant avec des solutions dans l'alcool absolu et avec de l'azotate de nickel desséché, un azotate de nickel benzidinique cristallisé, décomposable par l'eau.

Les combinaisons ammoniées des sels de nickel sont inscrites dans le tableau suivant avec les combinaisons phénylhydraziniques correspondantes :

$NiCl^2.6\,AzH^3$	$NiCl^2.2\varphi$ et $NiCl^2.5\varphi$
$NiI^2.4\,AzH^3$ et $NiI^2.6\,AzH^3$	$NiI^2.6\varphi$
$SO^4Ni.4\,AzH^3$ et $SO^4Ni.6\,AzH^3$	$SO^4Ni.2\varphi$ et $SO^4Ni.5\varphi$
$Az^2O^6Ni.4\,AzH^3 + H^2O$	$Az^2O^6Ni.4\varphi$

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE COBALT

Chlorures de cobalt phénylhydraziniques

$1°\ CoCl^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce premier composé s'obtient en traitant du chlorure de cobalt en solution alcoolique à 5 % par la quantité théorique de phénylhydrazine en solution alcoolique à 25 %; la combinaison se

[1] *Comptes Rendus*, tom. CXXVI, pag. 969.

[2] *Ibidem*, tom. CXXIV, pag. 1156.

[3] *Bul. Soc. Chim.*, 1899, tom. XXII, pag. 580.

sépare sous forme d'un précipité mauve gélatineux, qu'on lave à l'alcool et qu'on dessèche dans le vide. En opérant en solution aqueuse, on obtient le composé à l'état cristallisé; pour cela, on verse peu à peu et en agitant 16 gram. de phénylhydrazine (1,5 molécule), dans 700 centim. cubes d'une solution bouillante de chlorure de cobalt cristallisé à 3 °/₀ (environ 1 molécule de sel). On filtre le liquide bouillant et on évapore le filtratum; le chlorure de cobalt biphénylhydrazinique se dépose sous forme de boules épineuses très dures, constituées par des amas radiés de fines aiguilles. Ce composé est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	0gr,500			
Poids de AgCl.....	0 ,411	*Chlore*.....	20,32	20,52
		Phénylhydrazine	61,6	62,43

2° $CoCl^2 \cdot 4(C^6H^5, Az^2H^3)$

Le chlorure de cobalt tétraphénylhydrazinique se forme quand on ajoute, en agitant, 6 grammes de $CoCl^2.6H^2O$ (1 molécule), en solution alcoolique à 10 °/₀, à 50 centimètres cubes de phénylhydrazine, soit environ 20 molécules. Il se forme un précipité qui se dissout par l'agitation; au bout d'une minute ou deux, le liquide se prend en une masse rose de cristaux prismatiques. Ces cristaux, recueillis sur un filtre et débarrassés de l'excès de phénylhydrazine par des lavages à l'alcool, bien essorés et desséchés dans le vide, répondent par leur composition à la formule ci-dessus.

Le composé est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool; il s'altère rapidement à l'air en devenant brun, surtout quand il est humide ou imprégné d'alcool. Quand on le chauffe peu à peu jusqu'à 250°, il ne subit d'autres changements apparents que quelques changements de teinte.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Matière.....	0gr,500			
AgCl.....	0 ,255	*Chlore*.....	12,60	12,61
Matière.....	0 ,500			
SO^4Co.....	0 ,140	*Cobalt*.....	10,64	10,45
		Phénylhydrazine .	75,8	76,94

Bromures de cobalt phénylhydraziniques

1° $CoBr^2 . 2(C^6H^5, Az^2H^3)$

Le bromure de cobalt biphénylhydrazinique s'obtient en versant 50 cent. cubes d'une solution alcoolique de phénylhydrazine à 20 % dans 100 cent. cubes d'une solution alcoolique de bromure de cobalt à 10 %, soit environ 2 molécules de phénylhydrazine pour 1 de sel. Le composé se dépose presque immédiatement sous forme de petits disques rosés adhérant aux parois du vase. Examinés au microscope, quelques-uns de ces disques apparaissent comme formés par la réunion de fines aiguilles ; d'autres présentent une surface absolument lisse.

Le précipité, lavé à l'alcool, essoré et desséché dans le vide, passe du rose au bleu clair. Il est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool froid ; il ne fond pas quand on le chauffe jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	0gr,500	*Cobalt*	13,68	13,52
Poids de SO^4Co....	0 ,192	*Phénylhydrazine.*	48,8	49,73

2° $CoBr^2 . 5(C^6H^5, Az^2H^3)$

Pour obtenir le bromure de cobalt pentaphénylhydrazinique, on ajoute 50 cent. cubes d'une solution au dixième de bromure de cobalt à 50 cent. cubes de phénylhydrazine, ce qui correspond à 1 molécule de bromure pour 20 de phénylhydrazine. Il ne se forme pas de précipité immédiat, mais, au bout d'une demi-heure, le composé se dépose peu à peu sous forme de beaux prismes orthorhombiques roses. Le produit, lavé à l'alcool pour enlever l'excès de phénylhydrazine, essoré et desséché dans le vide, reste rose.

Il est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Il ne fond pas quand on le chauffe progressivement jusqu'à 250°. Il s'altère en peu de jours au contact de l'air, en devenant brun-noirâtre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	1gr,000	*Cobalt*.....	7,52	7,77
Poids de SO^4Co....	0 ,198			
		Phénylhydrazine	70,4	71,2

Sulfates de cobalt phénylhydraziniques

Le sulfate de cobalt biphénylhydrazinique $SO^4Co.\ 2\ (C^6H^5, Az^2H^3)$ a été obtenu par Scherning (loc. citat.), en ajoutant de la phénylhydrazine à une solution aqueuse chaude de sulfate cobalt, filtrant et laissant refroidir.

J'ai obtenu le composé $SO^4Co.\ 4\ (C^6H^5, Az^2H^3)$ de la façon suivante : on délaie à froid 14 gr. de sulfate de cobalt cristallisé, réduit en poudre très fine, dans 50 cent. cubes de phénylhydrazine (soit environ 10 molécules pour une de sulfate). On agite le mélange pendant une demi-heure environ, jusqu'à ce qu'il ait pris une consistance pâteuse, et on l'abandonne à lui-même pendant 24 heures pour laisser s'achever la combinaison. La masse, qui a pris une consistance très ferme, est ensuite délayée dans l'alcool ; la partie solide, qui est du sulfate de cobalt tétraphénylhydrazinique, est recueillie sur un filtre, lavée à l'alcool, essorée soigneusement et desséchée dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est peu soluble dans l'eau froide, d'où il se dépose, par évaporation à froid, sous forme de cristaux prismatiques courts, formant des amas globuleux ou en forme de sablier. Il est à peu près insoluble dans l'alcool, insoluble dans le chloroforme. Chauffé jusqu'à 250°, il ne subit d'autres changements apparents que quelques changements de teinte.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	1gr,000	*Soufre*	5,34	5,45
Poids de SO^4Ba..	0 ,389			
Poids de matière.	1 ,000	*Cobalt*.....	9,59	10
Poids de SO^4Co..	0 ,252			
		Phénylhydrazine	72,4	73,6

Azotate de cobalt phénylhydrazinique

$(AzO^3)^2Co.\ 2\ (C^6H^5,Az^2H^5)$

Lorsqu'à 200 cent. cubes d'une solution aqueuse d'azotate de cobalt à 10 °/₀, on ajoute 400 cent. cubes d'alcool à 95°, puis 20 cent. cubes de phénylhydrazine (environ 5 molécules pour 1 molécule d'azotate de cobalt), il se forme, au bout de très peu de temps, un précipité cristallin d'azotate de cobalt phénylhydrazinique, formé de fines aiguilles microscopiques groupées en étoiles. On lave le précipité, recueilli sur un filtre, avec de l'alcool à 40° centésimaux, on l'essore et on le dessèche dans le vide.

Le composé ainsi obtenu se présente sous forme d'une poudre rose, peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, plus soluble à chaud, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Chauffé sur le bloc de Maquenne, il devient bleu vers 210°, mais ne fond pas jusqu'à 250°; chauffé sur une lame de platine, il déflagre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de la matière.	0gr,500			
Poids de SO^4Co ..	0 ,198	*Cobalt*.....	14,89	14,72
Poids de la matière.	0 ,284	*Carbone*.....	35,81	36,11
Poids de CO^2....	0 ,383			
Poids de H^2O....	0 ,110	*Hydrogène*.....	4,30	4,01
		Phénylhydrazine	53,8	54,17

Acétate de cobalt phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Co.\ 2\ (C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on chauffe au bain-marie pendant un quart-d'heure, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, un mélange composé de 20 gr. de phénylhydrazine, 20 gr. d'acétate de cobalt (environ 1 molécule de sel pour 2,5 molécules de phénylhydrazine) et 100 cent. cubes d'alcool. Le liquide, filtré à chaud pour le débarrasser d'un léger trouble, donne par refroidissement des cristaux prismatiques d'acétate de cobalt phénylhydrazinique, formant des amas hémisphériques de plusieurs millimètres de dia-

mètre, accolés aux parois du vase ; la séparation du composé dure plusieurs jours.

Les cristaux, lavés à l'alcool, essorés et desséchés dans le vide, forment une poudre rose-violacé, peu soluble dans l'eau froide, plus soluble à chaud mais avec légère décomposition ; ils sont solubles dans l'alcool, notablement solubles dans le chloroforme. Chauffé lentement sur le bloc de Maquenne, l'acétate de cobalt phénylhydrazinique devient violet foncé vers 110° et se décompose vers 160° sans fusion préalable ; mais, si l'on dépose un peu de substance sur le bloc préalablement chauffé à 125°, elle fond immédiatement.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière....	1gr,000	*Cobalt*.....	14,63	14,95
Poids de SO^4Co....	0 ,385	*Phénylhydrazine*	54,3	55,00

I existe un certain nombre de combinaisons analogues aux combinaisons phénylhydraziniques, formées par les sels cobalteux avec les bases organiques, l'ammoniaque et l'hydroxylamine.

Le chlorure de cobalt, qui se combine à 2 et à 4 molécules de phénylhydrazine, s'unit à 2 molécules d'aniline, à 2 et à 4 molécules de pyridine et de quinoléine [1], à 4 molécules d'AzH^3, et à 2 d'hydroxylamine.

Le bromure de cobalt se combine à 6 molécules d'AzH^3, au lieu de 2 ou 5 molécules de phénylhydrazine.

Au sulfate de cobalt tétraphénylhydrazinique correspondent les combinaisons $SO^4Co.\ 4(C^6H^5, AzH^2)$ [2] et $SO^4Co.\ 6\ AzH^3$.

Avec la benzidine, j'ai obtenu une combinaison bleue de chlorure de cobalt benzidinique, cristallisée, anhydre, répondant à la formule $2\ CoCl^2.\ 3\ (AzH^2, C^6H^4\text{-}C^6H^4, AzH^2)$. Ce composé, qui a été obtenu avec des solutions alcooliques (alcool absolu), est décomposé par l'eau en chlorure de cobalt et benzidine.

[1] On connait également le composé $2CoCl^2.\ 5C^9H^7Az + H^2O$.

[2] *Comptes rendus*, tom. CXXVI, pag. 969.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE MANGANÈSE

Chlorure de manganèse phénylhydrazinique

$MnCl^2.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Quand on ajoute 20 grammes de phénylhydrazine en solution alcoolique à 20 p. 100 à 200 cc. d'une solution alcoolique au dixième de chlorure manganeux (soit 1 molécule environ de sel pour 3 molécules de phénylhydrazine), il se forme un abondant précipité blanc cristallisé de chlorure de manganèse phénylhydrazinique, qu'on lave à l'alcool, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide. Le précipité est constitué par de fines aiguilles microscopiques formant des boules épineuses.

Le composé ainsi obtenu est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, surtout à froid, insoluble dans l'éther. Par l'action de la chaleur, il brunit à partir de 210° jusqu'à 260°, sans fondre.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière...	0gr,500	*Chlore*.....	20,60	20,77
Poids de AgCl.....	0 ,417	*Phénylhydrazine*	62,80	63,20

Iodures manganeux phénylhydraziniques

1° $MnI^2.\ 2\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

En ajoutant la quantité théorique de phénylhydrazine à de l'iodure manganeux en solution à 20 % dans l'alcool à 95° centésimaux, il se dépose de l'iodure manganeux phénylhydrazinique sous forme de masses cristallines, mais très lentement et en faible quantité. On obtient un meilleur rendement en ajoutant au mélange son volume d'éther à 65°, après avoir préalablement versé un léger excès de phénylhydrazine (0,5 molécule), pour éviter toute précipitation par l'éther d'iodure manganeux non combiné. Il se forme alors un précipité de fines aiguilles prismatiques, qu'on lave avec un mélange d'alcool et d'éther, puis avec de l'éther, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est anhydre ; très soluble dans l'eau et dans l'alcool, il est presque complètement insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Chauffé à l'air, il noircit sans fondre vers 220°, puis se ramollit et se décompose en donnant des vapeurs d'iode et en laissant un résidu noir d'oxyde de manganèse.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$0^{gr},500$	*Manganèse*.....	10,66	10,48
Poids de Mn^3O^4...	0 ,074			
Poids de matière..	0 ,400	*Carbone*.....	27,68	27,49
Poids de CO^2....	0 ,406			
Poids de H^2O....	0 ,132	*Hydrogène*.....	3,66	3,05
		Phénylhydrazine	40,28	41,23

2° MnI^2. $5(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir cette combinaison, on verse rapidement à froid, en agitant, 15 centim. cubes d'une solution alcoolique d'iodure de manganèse à 50 °/₀ dans 35 centim. cubes de phénylhydrazine ; ces quantités correspondent environ à 1 molécule de sel manganeux pour 12 molécules de phénylhydrazine. Le mélange se prend au bout de très peu de temps en une masse cristalline d'iodure manganeux pentaphénylhydrazinique, formée de tables rectangulaires à angles légèrement arrondis. Ces cristaux sont lavés avec peu d'alcool, essorés avec grand soin et desséchés dans le vide.

Le produit ainsi obtenu est peu soluble dans l'alcool ; traité par un peu d'eau froide, il est décomposé avec mise en liberté de phénylhydrazine qui se réunit au fond du verre et qui se dissout quand on ajoute un excès d'eau. L'éther décompose également le composé en lui enlevant de la phénylhydrazine. Par la chaleur, le composé brunit et se décompose à 225°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$1^{gr},000$	*Manganèse*.....	6,20	6,48
Poids de Mn^3O^4..	0 ,086			
		Phénylhydrazine	64,00	63,60

Hyposulfate manganeux phénylhydrazinique

$S^2O^6Mn.\ 5(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé a été obtenu en versant 20 centimètres cubes de phénylhydrazine dans 140 centim. cubes d'une solution chaude (vers 80°) d'hyposulfate manganeux cristallisé à 20 %, ce qui correspond à 2 molécules seulement de phénylhydrazine pour 1 molécule d'hyposulfate. Le liquide, filtré chaud pour le débarrasser d'un léger trouble, donne par refroidissement lent un abondant précipité d'hyposulfate manganeux pentaphénylhydrazinique, constitué par des lamelles rhomboïdales très minces de plusieurs centimètres de longueur; le précipité est lavé à l'eau froide, essoré et desséché dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est anhydre, peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, plus soluble à chaud; l'éther et le chloroforme lui enlèvent à froid de la phénylhydrazine. Par l'action de la chaleur, il jaunit à partir de 125° sans fondre jusqu'à 250°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000	*Manganèse*.....	7,20	7,28
Poids de Mn^3O^4.	0 ,100			
Poids de matière..	1 ,000	*Soufre*.....	8,27	8,47
Poids de SO^4Ba..	0 ,595			
		Phénylhydrazine	71,00	71,52

Acétate de manganèse phénylhydrazinique

$(C^2H^3O^2)^2Mn.\ 2(C^6H^5,Az^2H^5)$

On prépare ce composé en chauffant au bain-marie, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, un mélange formé de 14 gr. d'acétate de manganèse, de 34 gr. de phénylhydrazine et de 80 cent. cubes d'alcool à 95°, ce qui correspond à 4 molécules environ de phénylhydrazine pour une de sel. Le liquide, devenu limpide, est refroidi vers 10°. On détermine la cristallisation de la combinaison par l'addition de quelques cristaux provenant de l'évaporation d'une goutte du mélange. La séparation du composé dure plusieurs jours; les cristaux obtenus sont constitués par des pris-

mes clinorhombiques. Ces cristaux sont lavés à l'alcool refroidi à 0°, essorés et desséchés dans le vide.

L'acétate de manganèse phénylhydrazinique est très soluble dans l'eau et dans l'alcool, même à froid. Il fond vers 97° et se décompose en se boursouflant à la température de 100°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de Mn^3O^4...	0 ,190	*Manganèse*....	13,69	14,12
Poids de matière..	0 ,300			
Poids de CO^2.....	0 ,549	*Carbone*.....	49,90	49,37

Benzoate de manganèse phénylhydrazinique

$3[(C^7H^5O^2)^2Mn].2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé a été obtenu en ajoutant à froid 10 cent. cubes de phénylhydrazine à un mélange de 15 grammes de benzoate de manganèse en poudre (1 molécule pour 2 de phénylhydrazine) et de 50 cent. cubes d'alcool à 95 °/₀. Le liquide devient peu à peu limpide par l'agitation ; au bout de quelques minutes, il donne naissance à un abondant précipité, formé de longues aiguilles microscopiques enchevêtrées, constitué par du benzoate de manganèse phénylhydrazinique. Ce précipité est lavé à l'alcool froid, essoré et desséché dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, même à chaud, très peu soluble dans l'éther et dans le benzène qui lui enlèvent de la phénylhydrazine. Chauffé, il brunit vers 180°, puis se transforme en une masse noire. Le composé brunit aussi peu à peu à froid, surtout à l'air et à la lumière.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	1gr,000			
Poids de Mn^3O^4.	0 ,206	*Manganèse*.....	14,84	14,90
Poids de matière.	0 ,500			
Volume d'azote..	21cc,5			
Pression réduite..	762mm	*Azote*.....	5,01	5,06
Température....	20°,5			
		Phénylhydrazine.	20,0	19,5

Les combinaisons ammoniées du manganèse sont très peu connues ; on n'a décrit qu'un sulfate manganeux ammoniacal instable $SO^4Mn.\ 4\,AzH^3$. Aucune combinaison des sels de manganèse avec les bases organiques n'a été décrite, si ce n'est celle du chlorure avec l'aniline et la toluidine.

Les sels des métaux de la série magnésienne forment aussi des combinaisons cristallisées avec l'hydrazine et avec les naphtylhydrazines.

L'acide phénylhydrazine-para-sulfonique $C^6H^4(SO^3H)\,AzH\text{-}AzH^2$ ne se combine pas avec les sels de la série magnésienne, bien qu'il renferme encore le groupement AzH^2. Il en est de même des sels de potassium et de sodium de cet acide ; leurs solutions, ajoutées à des solutions à 10 % de chlorure de zinc ou de chlorure de nickel, donnent par double décomposition des phénylhydrazine-para-sulfonates de zinc ou de nickel cristallisés.

DEUXIÈME PARTIE

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS DE LITHIUM, DE CALCIUM, DE STRONTIUM, DE BARYUM, DE CUIVRE ET D'ARGENT

COMBINAISONS DES SELS DE LITHIUM AVEC LA PHÉNYLHYDRAZINE

Chlorure de lithium phénylhydrazinique

$LiCl.\ 2\,(C^6H^5, Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on mélange à froid 50 centimètres cubes d'une solution alcoolique de chlorure de lithium à 18 % et 50 centimètres cubes de phénylhydrazine, soit 1 molécule de sel pour 2,5 molécules de phénylhydrazine. La séparation du composé n'a pas lieu spontanément ; on la provoque en ajoutant au liquide les cristaux obtenus par l'évaporation au bain-marie de quelques gouttes de liquide. Il se forme peu à peu un précipité peu abondant de chlorure de lithium phénylhydrazinique, cristallisé en lamelles rhomboïdales, qu'on lave rapidement à l'éther et qu'on dessèche dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est déliquescent, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, à peu près insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. Il fond vers 150°, après avoir perdu de la phénylhydrazine.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$0^{gr},525$	*Chlore*.....	13,56	13,70
Poids de AgCl....	0 ,288			
		Phénylhydrazine	82,3	83,59

Bromure de lithium phénylhydrazinique

$LiBr.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé a été obtenu en chauffant au bain-marie, pendant une demi-heure, avec réfrigérant ascendant, un mélange composé de 22 grammes de bromure de lithium, 25 centimètres cubes d'alcool à 95° et 55 grammes de phénylhydrazine (2 molécules pour 1 molécule de bromure de lithium) ; le sel se dissout entièrement. Par refroidissement, on obtient une abondante cristallisation de bromure de lithium phénylhydrazinique, sous forme de grandes tables rhomboïdales minces, analogues aux cristaux de cholestérine. Ces cristaux, recueillis sur un filtre, sont lavés à l'éther, essorés et desséchés.

Le composé ainsi obtenu est déliquescent, très soluble dans l'alcool, surtout à chaud, insoluble dans l'éther. Chauffé sur le bloc de Maquenne dans une cavité recouverte d'une lamelle, il dégage des vapeurs qui viennent se condenser sur la lamelle à partir de 90° ; la condensation devient très abondante vers 160°, puis la masse fond et se décompose à 190°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,030	*Brome*.....	26,36	26,40
Poids de AgBr....	0 ,638	*Phénylhydrazine.*	70,1	71,29

M. Bonnefoi [1] a obtenu des combinaisons analogues du chlorure de lithium avec 1, 2, 3 et 4 molécules d'AzH^3 et avec 1, 2, 3 et 4 molécules de méthylamine.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS HALOGÉNÉS DES MÉTAUX ALCALINO-TERREUX

Chlorure de calcium phénylhydrazinique

$CaCl^2.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Quand on ajoute peu à peu 30 grammes de phénylhydrazine à 100 centimètres cubes d'une solution alcoolique de chlorure

[1] Comptes rendus. Tom. CXXIV, pag. 771 et CXXVII, pag. 516.

de calcium à 15 p. 100 (1 molécule de sel pour 2 molécules de phénylhydrazine), il se forme un précipité cristallin. Le précipité se dissout presque entièrement quand on porte le liquide à l'ébullition ; celui-ci, filtré à chaud, donne par refroidissement de beaux cristaux de chlorure de calcium phénylhydrazinique, constitués par des tables rhomboïdales. On les lave à l'alcool, on les essore et on les dessèche dans le vide.

La combinaison ainsi obtenue est anhydre ; très soluble dans l'eau, mais non déliquescente, elle est soluble dans l'alcool surtout à chaud, insoluble dans l'éther anhydre ; elle ne se décompose pas à 100°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,500			
Poids de AgCl...	0,434	*Chlore*.....	21,46	21,71
Poids de matière.	0gr,490			
Poids de SO^4Ca..	0 ,207	*Calcium*.....	12,41	12,25
		Phénylhydrazine.	66,7	66,05

Bromure de calcium phénylhydrazinique

$$CaBr^2.4(C^6H^5,Az^2H^3) + 3H^2O$$

Pour obtenir cette combinaison, on ajoute la quantité théorique de phénylhydrazine à du bromure de calcium dissous dans son poids d'eau. Le mélange donne par évaporation à froid dans l'air sec de longues aiguilles qu'on essore, qu'on lave rapidement à l'éther anhydre et qu'on dessèche dans le vide.

Le bromure de calcium phénylhydrazinique ainsi obtenu fond et se décompose à 100°, ce qui ne permet pas de déceler ni de doser l'eau de cristallisation, mais, d'après les dosages de brome, de calcium et de phénylhydrazine effectués, la combinaison doit contenir 3 molécules d'eau de cristallisation.

Ce composé est très soluble dans l'eau, mais non déliquescent, soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther et dans la benzine, qui lui enlève de la phénylhydrazine.

Analyse du composé :

		Trouvé pour 100	Théorie p. $CaBr^2.4(C^6H^5,Az^2H^3)$ + 3 H^2O	Théorie p. $CaBr^2.4(C^6H^5,Az^2H^3)$ anhydre
Poids de matière 0gr,500 Poids de SO^4Ca. 0 ,099	*Calcium*	5,82	5,83	6'3
Poids de matière 1 ,000 Poids de AgBr.. 0 ,548	*Brome.*	23,32	23,30	25,3
	Phénylhydrazine	62,5	63	68,3

Iodure de strontium phénylhydrazinique

$SrI^2.4(C^6H^5,Az^2H^3)$

L'iodure de strontium forme avec la phénylhydrazine une combinaison que l'on obtient de la façon suivante : on ajoute 40 cent. cubes de phénylhydrazine (4 molécules) à une solution de 35 gr. d'iodure de strontium anhydre (1 molécule) dans 35 cc. d'alcool à 50 °/₀. Le mélange est évaporé à froid dans le vide sec jusqu'à cristallisation. Quand les cristaux sont suffisamment abondants, mais qu'ils baignent encore dans les eaux-mères, on les essore soigneusement entre des doubles de papier à filtre et on les dessèche dans le vide.

La combinaison ainsi obtenue est déliquescente, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther et le benzène qui la décomposent peu à peu en lui enlevant de la phénylhydrazine. Elle se décompose à 100°.

Analyse du composé :

		Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.. 0gr,920 Poids de SO^4Sr... 0 ,217	*Strontium*.....	11,24	11,3
	Phénylhydrazine.	55,9	54,8

Le chlorure de strontium *anhydre* se combine directement avec la phénylhydrazine, mais la combinaison est facilement détruite par l'eau, qui dissout le chlorure de strontium, et par les dissolvants organiques usuels, qui lui enlèvent de la phénylhydrazine.

Le bromure de strontium anhydre s'unit directement aussi à la phénylhydrazine ; quand on chauffe 50 grammes de chaque substance avec 100 cc. d'alcool, on obtient un liquide homogène qui,

par refroidissement à 0°, laisse déposer abondamment une combinaison cristallisée, sous forme d'aiguilles courtes libres ou groupées en étoiles. Cette combinaison contient 1 molécule de bromure de strontium pour 2 molécules de phénylhydrazine ; elle est déliquescente, très soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther qui, au bout d'un certain temps, lui enlève de la phénylhydrazine.

Si, dans la préparation précédente on remplace l'alcool par la moitié de son volume d'eau, on obtient une combinaison de bromure de strontium phénylhydrazinique hydratée, à laquelle l'éther et le benzène enlèvent très rapidement la phénylhydrazine.

Bromure de baryum phénylhydrazinique

$$BaBr^2 . 2\,(C^6H^5, Az^2H^3) + H^2O$$

Les sels halogénés de baryum se comportent avec la phénylhydrazine comme les sels de strontium. Tandis que le chlorure de baryum ne se combine à la phénylhydrazine que s'il est anhydre et que la combinaison est immédiatement détruite par l'eau et par les dissolvants organiques usuels, le bromure de baryum forme, ainsi que l'iodure, des combinaisons cristallisées plus stables.

Le bromure de baryum phénylhydrazinique a été obtenu en ajoutant 20 gram. de phénylhydrazine à une solution de 17 gram. de bromure de baryum cristallisé dans 25 cent. cubes d'eau ; ces quantités correspondent sensiblement à 4 molécules de phénylhydrazine pour une de sel. Le mélange obtenu, filtré pour le débarrasser d'un léger trouble, est évaporé dans le vide sec ; le bromure de baryum phénylhydrazinique cristallise peu à peu. Quand la masse a pris la consistance d'une pâte peu épaisse, on essore très soigneusement les cristaux et on les dessèche dans le vide sec pendant 48 heures.

Le composé ainsi obtenu est cristallisé en prismes et en tables rhomboïdales très minces ; il est extrêmement soluble dans l'eau, mais non déliquescent, très soluble dans l'alcool. L'éther le décompose à froid en lui enlevant de la phénylhydrazine. Chauffé sur le bloc de Maquenne, la cavité recouverte d'une lamelle couvre-objet, il émet dès la température de 135° des vapeurs qui vien-

nent se condenser en gouttelettes sur la lamelle ; il se décompose rapidement sans fondre à 220°.

Analyse du composé :

		Trouvé pour 100	Théorie p. $BaBr^2.2(C^6H^5,Az^2H^3)$ + H^2O	anhydre
Poids de matière 1gr,000 Poids de SO^4Ba. 0 ,436	*Baryum*	25,64	25,80	26,70
Poids de matière 0 ,500 Poids de AgBr.. 0 ,355	*Brome.*	30,21	30,13	31,19
	Phénylhydrazine	41,5	40,67	42,11

L'eau de cristallisation n'a pas pu être dosée directement, car le composé perd peu à peu de la phénylhydrazine à 100° ; mais les cristaux paraissent perdre en même temps de l'eau de cristallisation à cette température, car ils deviennent assez vite opaques.

Iodure de baryum phénylhydrazinique

$BaI^2.4(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé se prépare en dissolvant 20 grammes d'iodure de baryum cristallisé dans 10 cent. cubes d'eau et en ajoutant à cette solution 20 grammes de phénylhydrazine, soit environ 4 molécules pour 1 molécule d'iodure de baryum. On filtre le mélange, pour le débarrasser d'un léger trouble, et on l'évapore dans le vide sec. Il se forme peu à peu sur les bords de la capsule des cristaux d'iodure de baryum phénylhydrazinique qui grimpent et finissent par déborder la capsule. Quand il ne reste plus au fond que quelques centimètres cubes de liquide, on triture les cristaux dans ce liquide de façon à avoir une pâte bien homogène, qu'on essore ensuite avec le plus grand soin entre des doubles de papier à filtre. Les cristaux ainsi obtenus apparaissent au microscope sous forme de petites tables très allongées et très minces, voisines du rectangle. Ces cristaux s'effleurissent quand on les dessèche dans le vide sec pendant 48 heures à la température ordinaire ; ils sont alors anhydres et répondent à la formule donnée plus haut.

L'iodure de baryum phénylhydrazinique est extrêmement soluble dans l'eau et même déliquescent dans l'air saturé de vapeur

d'eau ; projeté dans l'eau, il tournoie très rapidement à la surface avant de se dissoudre. Ce composé est aussi extrêmement soluble dans l'alcool ; l'éther le dédouble à froid en dissolvant la phénylhydrazine. Chauffé sur le bloc de Maquenne dans une cavité recouverte par une lamelle couvre-objet, il dégage des vapeurs qui à 110° se condensent sur la lamelle ; la condensation est très abondante à 130° ; le corps devient pâteux et se décompose ensuite.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,226			
Poids de SO^4Ba..	0 ,347	*Baryum*	16,64	16,64
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de AgI....	0 ,568	*Iode*.....	30,68	30,86
		Phénylhydrazine.	51,1	52,49

Le fluorure, le sulfate et l'azotate de calcium ne se combinent pas avec la phénylhydrazine.

On connaît un certain nombre de combinaisons ammoniées des sels halogénés des métaux alcalino-terreux, analogues aux combinaisons phénylhydraziniques qui viennent d'être décrites, ce sont :

$CaCl^2.8AzH^3$ $SrCl^2.8AzH^3$ $BaCl^2.8AzH^3$ (instable)
$2SrBr^2.AzH^3$

Avec l'hydroxylamine le chlorure de baryum donne le composé $BaCl^2.2AzH^3O$. — Quant aux combinaisons avec les bases organiques, Varet[1] a signalé l'existence de combinaisons des iodures alcalino-terreux avec la pipéridine et avec la quinoléine ; on connaît aussi une combinaison de chlorure de calcium avec l'aniline.

COMBINAISONS DE LA PHÉNYLHYDRAZINE AVEC LES SELS CUIVREUX

La phénylhydrazine forme des combinaisons cristallisées avec les sels cuivreux ; ces combinaisons sont à peu près insolubles dans l'eau froide, plus ou moins solubles dans les solutions d'hyposulfite de sodium, insolubles dans l'alcool et dans l'éther qui leur

[1] *Comptes rendus*, tom. CXXIV, pag. 1157.

enlève de la phénylhydrazine. Elles s'altèrent peu à peu à l'air, surtout à l'air humide, à la température ordinaire; elles se décomposent rapidement à une température peu élevée, qui augmente du chlorure au bromure et à l'iodure.

Chlorure cuivreux phénylhydrazinique

$2Cu^2Cl^2 . 5 (C^6H^5, Az^2H^3)$

Pour obtenir cette combinaison, on ajoute, goutte à goutte et en agitant, un excès de phénylhydrazine à une solution froide de chlorure cuivreux dans du chlorure de sodium à 10 pour 100 préalablement désaéré par l'ébullition. Il se forme un précipité blanc amorphe, qu'on lave rapidement et à l'abri de l'air avec de l'eau désaérée, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

Le chlorure cuivreux phénylhydrazinique ainsi obtenu est légèrement soluble dans l'eau à 50° et se dépose par refroidissement sous forme d'aiguilles prismatiques. Chauffé, il émet des vapeurs vers 65°, puit brunit et se décompose rapidement à 110°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100.	Théorie
Poids de matière. .	1gr,000			
Poids d'AgCl.....	0 ,627	*Chlore*.....	15,51	15,17
Poids de matière...	1 ,000			
Poids de CuO.....	0 ,336	*Cuivre*.....	26,80	26,92
Poids de matière...	0 ,354			
Poids de CO^2.....	0 ,508	*Carbone*.....	39,13	38,46

Bromure cuivreux phénylhydrazinique

$2Cu^2Br^2 . 7 (C^6H^5, Az^2H^3)$

Ce composé s'obtient en ajoutant, peu à peu, et en agitant, un excès de phénylhydrazine à une solution de bromure cuivreux dans du bromure de potassium à 10 p. 100. Il se forme un précipité d'abord légèrement rougeâtre puis blanc, qu'on lave rapidement avec une solution étendue de phénylhydrazine, puis avec de l'eau désaérée, qu'on essore et qu'on met immédiatement à dessécher dans le vide sec. Le précipité ainsi obtenu est amorphe, mais, chauffé légèrement avec les eaux-mères, il se dissout en

notable quantité et se dépose par le refroidissement sous forme de fines aiguilles.

Le bromure cuivreux phénylhydrazinique commence à se décomposer vers 70° ; sa décomposition est très rapide à 140°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière	0gr,864	1gr,000		
Poids de CuO..	0 ,200	0 ,232	*Cuivre*..... 18,51	19,06
Poids de matière....	0 ,359			
Poids de CO^2.....	0 ,496		*Carbone*.... 37,66	37,95

Iodure cuivreux phénylhydrazinique

$Cu^2I^2.4\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

Cette combinaison se prépare en dissolvant 19 gr. d'iodure cuivreux (1 molécule) dans 200 cent. cubes d'hyposulfite de sodium à 20 p. 100 et en versant dans cette solution 20 cent. cubes de phénylhydrazine (4 molécules), goutte à goutte et en agitant. L'addition des premières gouttes ne donne pas de précipité permanent, mais il se forme ensuite peu à peu un précipité blanc très volumineux et très abondant ; on le recueille sur un filtre et on le lave à l'eau contenant un peu de phénylhydrazine. Pour le débarrasser complètement de l'hyposulfite de sodium, on délaie le précipité dans 200 cent. cub. d'eau légèrement phénylhydrazinée et on le lave sur un nouveau filtre avec de l'eau distillée désaérée ; on l'essore et on le dessèche dans le vide.

L'iodure cuivreux phénylhydrazinique ainsi obtenu est confusément cristallisé ; il peut être préparé très bien cristallisé en opérant sur de petites quantités de matières et en ajoutant la phénylhydrazine un peu plus vite. La précipitation ne commence que quand on a fini d'ajouter la phénylhydrazine et cessé d'agiter le mélange ; la combinaison se dépose alors sous forme de prismes et de lamelles rhomboïdales. L'iodure cuivreux phénylhydrazinique est un peu plus stable que les combinaisons chlorée et bromée correspondantes ; sa décomposition ne se manifeste qu'au-dessus de 100° et ne devient rapide qu'à 170°.

Analyse du composé :

		Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière. 1gr,000 Poids de CuO.... 0 ,197	*Cuivre*.....	15,72	15,60
Poids de matière. 1 ,000 Poids d'AgI..... 0 ,570	*Iode*.....	30,79	31,18
Poids de matière. 0 ,300 Volume d'azote.. 36cc Pression réduite. 765mm Température.... 16°	*Azote*.....	14,08	13,79

Les combinaisons de la phénylhydrazine et des sels cuivreux halogénés qui viennent d'être décrites se rapprochent des combinaisons que forment ces sels avec AzH^3 et qui sont :

$Cu^2Cl^2.AzH^3$	»	»
$Cu^2Cl^2.2AzH^3$	»	$Cu^2I^2.2AzH^3 + aq.$
$Cu^2Cl^2.4AzH^3$	$Cu^2Br^2.4AzH^3$	$Cu^2I^2.4AzH^3$

Une combinaison anilinée $Cu^2Cl^2.2(C^6H^5,AzH^2)$ a été décrite par Saglier [1] et une combinaison pyridinée $Cu^2Br^2.4C^5H^5Az$ par Varet [2].

Les sels *cuivriques* halogénés traités en solution concentrée par une petite quantité de phénylhydrazine sont réduits avec formation d'oxyde cuivreux. Si on traite au contraire, en solutions étendues, un excès de phénylhydrazine par une petite quantité de sel cuivrique, il y a réduction du sel cuivrique à l'état de sel cuivreux et combinaison du sel cuivreux formé avec la phénylhydrazine. La même réaction a lieu à la température de — 20°, ainsi que me l'ont montré des essais faits en vue d'obtenir des combinaisons phénylhydraziniques des sels cuivriques halogénés, analogues aux combinaisons cuivriques ammoniées et anilinées connues.

Action de la phénylhydrazine sur le sulfate cuivrique.

La phénylhydrazine agit sur le sulfate cuivrique comme sur le chlorure cuivrique. Quand on verse goutte à goutte, en agitant bien après l'addition de chaque goutte, une solution de sulfate de cuivre à 1 p. 100 dans 10 fois environ son volume d'une solution

[1] *Comptes rendus*, tom. CVI, pag. 1422.

[2] *Ibidem*, tom. CXXIV, pag. 1156.

aqueuse de phénylhydrazine de même concentration, il se forme un précipité blanc-rosé, bien cristallisé en prismes très allongés ; en même temps, de l'azote se dégage. Le précipité brunit rapidement à l'air en se décomposant ; je n'ai pas pu en déterminer la composition centésimale, mais j'ai pu m'assurer qu'il renferme de l'acide sulfurique, du cuivre et de la phénylhydrazine. Ce précipité cristallisé est donc très probablement une combinaison de phénylhydrazine avec du sulfate cuivreux.

Le sulfate cuivreux n'est pas encore connu, mais M. Joannis[1] a déjà signalé l'existence de combinaisons de sulfate cuivreux avec l'oxyde de carbone et avec l'ammoniaque, sans toutefois isoler ces combinaisons. J'ai observé de mon côté la formation d'une combinaison analogue de sulfate cuivreux avec la pyridine quand on fait agir à l'abri de l'air du cuivre précipité par le zinc sur une solution de sulfate cuivrique en présence d'un excès de pyridine.

Action de la phénylhydrazine sur l'azotate de cuivre.

L'azotate de cuivre en solution étendue, ajouté à l'abri de l'air, goutte à goutte et en agitant, à une solution aqueuse étendue de phénylhydrazine, donne, de même que le sulfate de cuivre, un précipité blanc-rosé. Ce précipité, qui renferme du cuivre et de la phénylhydrazine, s'altère à l'air encore plus vite que le sulfate cuivreux phénylhydrazinique, en devenant brun, puis noir ; on peut cependant, en l'examinant très rapidement au microscope, entre lame et lamelle, y observer des formes cristallines encore très nettes. Il est probable qu'il se forme sous l'influence réductrice de la phénylhydrazine et en présence d'un excès de cette base de l'azotate cuivreux phénylhydrazinique.

A l'appui de cette manière de voir, je ferai observer que l'azotate de cuivre se comporte d'une manière analogue sous l'influence du cuivre précipité et en présence d'une base organique non réductrice, comme la pyridine : la solution bleue obtenue en traitant une solution étendue et tiède d'azotate de cuivre par un excès de pyridine, se décolore en quelques minutes quand on l'agite dans un flacon

[1] *Comptes rendus*, tom. CXXV, pag. 949.

bien plein et bien bouché avec du cuivre précipité. Il se forme en même temps un précipité jaunâtre, qui par le repos se dépose au-dessus du cuivre en excès ; ce précipité, très altérable à l'air, examiné au microscope après le refroidissement du liquide, présente quelques groupes de petits cristaux prismatiques très nets, au milieu de grains amorphes. Ces faits tendent donc à montrer que l'azotate cuivreux existe, tout au moins en combinaison avec la phénylhydrazine ou avec la pyridine.

Azotate d'argent phénylhydrazinique.

La phénylhydrazine réduit instantanément l'azotate d'argent ammoniacal. En l'absence d'ammoniaque, la réduction de l'azotate d'argent est plus lente à la température ordinaire ; à la température de — 20°, la réduction est encore plus lente et on peut observer la formation d'une combinaison cristallisée. Pour cela, on refroidit séparément, dans un mélange de glace et de sel, une solution alcoolique de phénylhydrazine à 10 °/₀ et une solution d'azotate d'argent à 3 °/₀ environ. On verse ensuite la phénylhydrazine dans l'azotate d'argent et on obtient un précipité blanc qui ne commence à noircir qu'au bout de 5 à 10 minutes et seulement à la surface ; les parties profondes restent inaltérées pendant plus d'une demi-heure. Le précipité, prélevé dans les parties profondes au bout d'un quart d'heure environ et porté rapidement sous le microscope entre lame et lamelle, se présente sous forme de longues aiguilles fines enchevêtrées, sans grains amorphes interposés, ce qui exclut, avec la couleur du précipité, la possibilité d'une décomposition avec formation d'oxyde d'argent et d'azotate de phénylhydrazine. La combinaison [1] est très peu soluble dans l'alcool refroidi à — 20° ; elle noircit et se décompose rapidement à la température ordinaire.

La phénylhydrazine se combine aussi avec certains sels de quelques autres métaux, comme le bismuth et l'étain.

[1] On connaît les combinaisons ammoniées $AzO^3Ag.2AzH^3$ et $AzO^3Ag.3AzH^3$.

Le chlorure de bismuth phénylhydrazinique [1] $BiCl^3.6(C^6H^5,Az^2H^3)$ a été obtenu récemment par M. Pastureau (*loc. cit.*) en ajoutant 5 gr. de phénylhydrazine à 100 cent. cubes d'une solution bouillante à 10 °/₀ de chlorure de bismuth dans l'eau acidulée. La combinaison cristallise en aiguilles par évaporation ; elle est décomposée par l'eau avec formation d'oxychlorure de bismuth.

L'azotate de bismuth phénylhydrazinique $(AzO^3)^3Bi.6(C^5H^8Az^2)$ a été obtenu par le même auteur en opérant, comme pour le composé précédent, avec une solution d'azotate de bismuth dans l'eau acidulée par l'acide azotique, mais sans dépasser la température de 60°. dans les opérations, pour éviter la décomposition de la phénylhydrazine par l'acide azotique.

L'existence d'une combinaison de la phénylhydrazine avec le chlorure d'étain a été signalée par Scherning.

J'ai fait agir dans des conditions variées la phénylhydrazine sur le chlorure, le bromure, et l'iodure de plomb sans obtenir de combinaison phénylhydrazinique de ces sels.

Quand on ajoute 10 cent. cubes de phénylhydrazine à 500 cent. cubes d'une solution bouillante d'azotate de plomb à 4 °/₀, la solution reste limpide à chaud mais laisse déposer par refroidissement des cristaux formés de tables rhomboïdales. Ces cristaux ne contiennent pas de phénylhydrazine ; ils sont constitués par un azotate basique de plomb répondant à la formule $(AzO^3)^2Pb.PbO + H^2O$. Ce composé, en effet, ne renferme pas de matière organique, il dégage des vapeurs nitreuses par la chaleur, et le dosage du plomb donne 72,02 °/₀, la quantité théorique étant 72,37.

On sait que l'ammoniaque donne également des azotates basiques de plomb quand on la fait agir sur l'azotate de plomb.

La phénylhydrazine se combine aussi avec des chlorures de métalloïdes [2] en donnant : $AsCl^3.3(C^6H^5,Az^2H^5)$ $BoCl^3.3(C^6H^5,Az^2H^3)$ $SiCl^4.n(C^6H^5,Az^2H^3)$

[1] On connaît 2 combinaisons ammoniées analogues $BiBr^3.2AzH^3$ et $BiBr^3.3AzH^3$

[2] A. Michaelis et F. Oster ; *Lieb. Ann. ch.*, tom. 270, pag. 123).

TROISIÈME PARTIE

COMBINAISONS MIXTES FORMÉES PAR LA PHÉNYLHYDRAZINE ET UNE AUTRE BASE ORGANIQUE AVEC LES SELS MÉTALLIQUES

Nous avons vu dans la première partie de ce travail qu'un certain nombre de sels de la série magnésienne peuvent former plusieurs combinaisons avec la phénylhydrazine, telles que :

$ZnI^2.2\varphi$	$ZnI^2.5\varphi$
$CoCl^2.2\varphi$	$CoCl^2.4\varphi$
$CoBr^2.2\varphi$	$CoBr^2.5\varphi$
$SO^4Co.2\varphi$	$SO^4Co.4\varphi$
$NiCl^2.2\varphi$	$NiCl^2.5\varphi$
$SO^4Ni.2\varphi$	$SO^4Ni.5\varphi$
$MnI^2.2\varphi$	$MnI^2.5\varphi$

Les combinaisons surphénylhydrazinées peuvent se former par l'action d'un excès de phénylhydrazine sur la combinaison diphénylhydrazinique correspondante. Ce mode de formation m'a amené à étudier l'action d'une autre base organique sur des sels diphénylhydraziniques et j'ai réussi à préparer par cette voie des combinaisons mixtes de phénylhydrazine et d'aniline avec le bromure et l'iodure de zinc.

D'autre part, les combinaisons surphénylhydrazinées peuvent aussi se préparer directement par l'action d'un grand excès de phénylhydrazine sur les sels métalliques. J'ai obtenu de même, en faisant agir simultanément sur certains sels métalliques la phénylhydrazine et une autre base organique, des combinaisons mixtes dans lesquelles l'autre base organique est de l'aniline, de l'α ou β-naphtylamine, de la pyridine ou de la quinoléine.

Les combinaisons mixtes présentent les réactions du sel métallique qui entre dans leur constitution et celles de la phénylhydrazine (réduction à froid de la liqueur de Fehling, de l'azotate d'argent ammoniacal, etc...). Pour y déceler la présence de l'autre base organique, aniline ou naphtylamine, il faut commencer par détruire la phénylhydrazine. A cet effet, on fait une solution aqueuse étendue (1 p. 100 environ) de la combinaison mixte, et on en verse 10 à 12 cent. cubes, peu à peu et en agitant, dans un excès (20 cent. cubes) de liqueur de Fehling froide. On laisse agir la liqueur de Fehling pendant une demi-heure pour être sûr que toute la phénylhydrazine est détruite, puis on agite avec la moitié de son volume d'éther le liquide dans lequel il reste l'autre base organique du composé mixte, mise en liberté par l'alcali de la liqueur de Fehling. La solution éthérée, décantée et évaporée, donne un résidu dans lequel on caractérise la base par les réactions ou les caractères qui lui sont propres : l'aniline par la coloration violette que donnent ses solutions aqueuses avec le chlorure de chaux[1], les naphtylamines par les caractères des cristaux laissés par évaporation de l'éther (forme cristalline, point de fusion), la fluorescence des solutions et, dans le cas de l'α-naphtylamine, la coloration bleue donnée par une solution hydro-alcoolique d'une partie du résidu avec le perchlorure de fer.

Dans le cas des combinaisons pyridine ou quinoléine-phénylhydraziniques, l'odeur caractéristique de la pyridine ou de la quinoléine se dégage dès qu'on traite la combinaison par une solution concentrée de potasse.

Le procédé de dosage de la phénylhydrazine par l'iode n'est pas applicable aux combinaisons mixtes, car l'iode agit sur les deux bases organiques. Il était cependant important de connaître, même approximativement, la quantité centésimale de phénylhydrazine contenue dans les combinaisons mixtes, pour déterminer leur

[1] Je me suis assuré qu'en opérant dans des conditions analogues avec une combinaison phénylhydrazinique simple, le résidu de l'évaporation de l'éther ne donne pas de coloration sensible avec le chlorure de chaux.

formule avec plus de certitude ; les poids moléculaires de la phénylhydrazine et de l'aniline ne sont pas, en effet, assez différents pour que, dans une combinaison mixte à poids moléculaire élevé, la substitution d'une molécule d'aniline à une molécule de phénylhydrazine introduise des changements bien accentués dans la composition centésimale de la combinaison.

Pour doser approximativement la phénylhydrazine, je me suis basé sur l'action réductrice de ce corps sur la liqueur de Fehling, action qui est très rapide à chaud et que les autres bases organiques des combinaisons mixtes ne possèdent pas. Un essai avec un sel métallique phénylhydrazinique pur, de richesse connue en phénylhydrazine, indiquait la quantité de phénylhydrazine nécessaire pour décolorer 1 cent. cube de la liqueur de Fehling employée ; avec la liqueur préparée par la formule Pasteur, cette quantité est voisine de 6 milligr. Un titrage effectué exactement dans les mêmes conditions avec une combinaison mixte permettait de calculer la richesse en phénylhydrazine de cette combinaison. Comme l'oxyde cuivreux se dépose très lentement, même à la fin du dosage, quand on réduit la liqueur de Fehling par la phénylhydrazine, j'ai opéré toujours en présence d'un excès d'ammoniaque pour éviter la précipitation de l'oxyde cuivreux.

50 centim. cubes de liqueur de Pavy [1] sont chauffés jusqu'à l'ébullition dans un ballon de 125 centim. cubes, fermé par un bouchon à deux trous, dont l'un donne passage à la pointe d'une burette de Mohr, l'autre à un long tube dirigeant les vapeurs ammoniacales au dehors. Quand l'air a été chassé par une ébullition de quelques instants, on fait arriver par petites quantités la solution de combinaison mixte contenue dans la burette de Mohr, jusqu'à décoloration du réactif qui doit rester constamment en ébullition. La solution de combinaison mixte était faite exactement à 0,4 %, en s'aidant d'une goutte d'acide si la solubilité était trop faible [2].

[1] La liqueur de Pavy s'obtient en ajoutant à 100 cent. cubes. de liqueur de Fehling, 600 cent. cubes d'eau et 300 cent. cubes d'ammoniaque.

[2] Pour les combinaisons renfermant du manganèse, il est indispensable de pré-

Iodure de zinc aniline-phénylhydrazinique

ZnI^2. C^6H^5,AzH^2. $2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir cette combinaison mixte, on ajoute à 21 gr. d'iodure de zinc biphénylhydrazinique, en solution saturée à froid dans l'alcool à 95°, 11 gr. d'aniline (environ 3 molécules pour une d'iodure de zinc phénylhydrazinique). On refroidit le mélange vers — 20°. La séparation de la combinaison mixte n'a pas lieu spontanément, mais, en ajoutant au mélange quelques cristaux obtenus par l'évaporation à la température ordinaire, d'une goutte de mélange, il se forme peu à peu un précipité cristallin, formé de fines aiguilles réunies en touffes. On filtre rapidement le liquide à la trompe, on lave le précipité avec de l'alcool refroidi à — 20°, on l'essore et on le dessèche dans le vide.

L'iodure de zinc aniline-phénylhydrazinique est soluble dans l'alcool et dans l'éther, légèrement soluble dans l'eau, dans le chloroforme et dans le benzène. Il fond à 180° et se décompose en se boursouflant à quelques degrés au-dessus.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	$1^{gr},000$			
Poids de AgI.....	0 ,737	*Iode*	39,80	40,44
Poids de matière..	$0^{gr},304$			
Poids de CO^2.....	0 ,385	*Carbone*	34,53	34,39
		Phénylhydrazine	34,4	34,5

L'iodure de zinc aniline-phénylhydrazinique est dissocié en solution alcoolique étendue en aniline et iodure de zinc phénylhydrazinique ; en effet si on mélange dans le calorimètre volu-

cipiter préalablement le manganèse par la potasse et de filtrer ensuite ; sans cela, le dosage est faussé par suite de l'oxydation de l'hydrate manganeux par la liqueur de Fehling.

Pour les combinaisons renfermant du nickel, il est avantageux de précipiter préalablement à l'aide du carbonate de sodium le nickel, parce que les sels de nickel donnent avec un excès d'ammoniaque une coloration bleue qui empêche de saisir exactement le moment où la liqueur de Pavy est décolorée par la phénylhydrazine.

mes égaux de solutions alcooliques d'aniline (2 grammes-molécules dans 4 litres) et d'iodure de zinc biphénylhydrazinique (1 gramme-molécule dans 4 litres), il n'y a ni dégagement de chaleur, ni absorption.

Bromure de zinc aniline-phénylhydrazinique

$5\,ZnBr^2.\ 5(C^6H^5,AzH^2).\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé a été obtenu en dissolvant à chaud, dans une fiole d'Erlenmeyer, 7 gram. de bromure de zinc biphénylhydrazinique dans 100 cent. cubes d'alcool à 95° centésimaux, et en ajoutant à cette solution chaude 7 gram. d'aniline (ce qui fait environ 4 molécules d'aniline pour une de bromure de zinc phénylhydrazinique). On fait refroidir rapidement le mélange, sans l'agiter, dans un courant d'eau. Il se forme un volumineux précipité blanc de bromure de zinc aniline-phénylhydrazinique, constitué par de longues aiguilles fines et courbes réunies en touffes, de plus d'un centimètre de longueur. On filtre à la trompe, on essore soigneusement le précipité, et on le dessèche dans le vide. Quand on opère avec moins d'aniline, 2 molécules par exemple au lieu de 4, les touffes d'aiguilles sont mélangées avec des cristaux prismatiques épais de bromure de zinc phénylhydrazinique.

Le bromure de zinc aniline-phénylhydrazinique est soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'eau et dans l'éther, insoluble dans le chloroforme et dans le benzène. Il dégage des vapeurs et jaunit par places à la température de 95°, puis il devient pâteux ; il brunit vers 200°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,500			
Poids de AgBr. ..	0 ,414	*Brome*	35,23	35,39
Poids de matière..	1 ,000			
Poids de ZnO. ...	0 ,179	*Zinc*.	14,36	14,37
Poids de matière..	0 ,230			
Poids de CO^2....	0 ,317	*Carbone*	37,58	37,17
		Phénylhydrazine	17,5	15,8

Sulfate de nickel aniline-phénylhydrazinique

$SO^4Ni.\ C^6H^5,AzH^2.\ 2\,(C^6H^5,Az^2H^3) + 2\,H^2O$

Pour obtenir cette combinaison mixte, on triture à froid 14 gr. de sulfate nickel cristallisé $SO^4Ni.7H^2O$ réduit en poudre très fine (1 molécule) avec un mélange composé de 10 cent. cubes de phénylhydrazine (2 molécules), de 15 cent. cubes d'aniline (3 molécules) et de 10 cent. cubes d'alcool à 95°. La masse, très fluide au moment du mélange, prend en quelques minutes, par l'agitation, la consistance d'une pâte très ferme. Cette pâte est épuisée au bout de quelques heures par de l'alcool à froid, pour enlever l'excès d'aniline, essorée et desséchée dans le vide.

Le sulfate de nickel aniline-phénylhydrazinique ainsi obtenu se présente sous la forme d'une poudre cristalline blanc-verdâtre, peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Quand on le chauffe progressivement jusqu'à 250°, il ne se produit d'autre changement apparent que quelques changements de teinte et un dégagement de vapeurs qui devient très notable vers 140°.

L'analyse du composé montre qu'il contient 6,19 p. 100 de soufre et 43,01 p. 100 de carbone, soit 1 atome de soufre pour 18 atomes de carbone; il contient donc pour 1 molécule de SO^4Ni 3 molécules de base organique en C^6H^5. Le dosage approximatif de la phénylhydrazine indique deux molécules de cette base pour 1 molécule d'aniline. Les quantités centésimales trouvées sont faibles pour $SO^4Ni.(C^6H^5,AzH^2).2(C^6H^5,Az^2H^3)$; elles concordent beaucoup mieux avec les nombres calculés pour la même combinaison avec deux molécules d'eau de cristallisation. Cette eau n'a pas pu être dosée directement, car la combinaison se décompose lentement à la température de 100°.

Résultats de l'analyse :

Poids de matière	1gr,000
Poids de SO^4Ba	0 ,451
Poids de matière	0 ,336
Poids de CO^2	0 ,530

	Trouvé pour 100	Théorie p. $SO^4Ni.C^5H^7Az.2C^5H^8Az^2$ Anhydre	$+2H^2O$
Soufre.....	6,19	6,80	6,40
Carbone.....	43,01	46,55	43,20
Phénylhydrazine.	40,7	46,55	43,20

La quantité de phénylhydrazine trouvée est un peu faible, mais il faut observer que le procédé volumétrique employé n'est qu'approximatif. D'ailleurs, étant donné que la combinaison mixte doit renfermer 3 molécules de base organique pour une de sulfate, on ne peut pas lui attribuer la formule $SO^4Ni.\ 2(C^6H^5,AzH^2).\ (C^6H^5,Az^2H^3)$, qui ne contiendrait que 24 p. 100 environ de phénylhydrazine.

Iodure manganeux aniline-phénylhydrazinique

$MnI^2.\ 2(C^6H^5,AzH^2).\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour préparer ce composé mixte, on verse à froid, peu à peu et en agitant, une solution contenant 12 cent. cubes de phénylhydrazine, 16 cent. cubes d'aniline et 40 cent. cubes d'alcool à 95°, dans 35 cent. cubes d'une solution alcoolique d'iodure manganeux à 50 p. 100. Ces quantités correspondent à 2 molécules de phénylhydrazine et 3 molécules d'aniline pour une de sel manganeux. Le mélange abandonné à lui-même laisse déposer au bout de quelques minutes des cristaux d'iodure manganeux aniline-phénylhydrazinique, qui augmentent peu à peu ; ces cristaux, bien visibles à l'œil nu, apparaissent au microscope sous forme de grandes tables rhomboïdales épaisses. On les recueille sur un filtre, on les lave avec un peu d'alcool, on les essore et on les dessèche dans le vide.

Le produit obtenu est peu soluble dans l'alcool ; il est décomposé quand on le traite par un peu d'eau froide, avec formation de gouttelettes essentiellement constituées par de la phénylhydrazine. Au contraire, l'éther anhydre le décompose à froid en lui enlevant surtout de l'aniline. Le composé brunit à 222° et se décompose rapidement sans fusion préalable.

Analyse du composé :

				Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	1gr,000	1gr,000	*Manganèse*..	7,93	7,73
Poids de Mn^3O^4.	0 ,109	0 ,111			
			Phénylhydrazine.	29,5	30,3

Azotate de cadmium aniline-phénylhydrazinique

$2(AzO^3)^2Cd.\ 5(C^6H^5,AzH^2).\ 5(C^6H^5,Az^2H^3)$

Ce composé se forme quand on ajoute à 200 cent. cubes d'une solution alcoolique à 6 p. 100 d'azotate de cadmium un mélange composé de 12 cent. cubes d'aniline, 12 cent. cubes de phénylhydrazine et 60 cent. cubes d'alcool (soit environ 3 molécules de chaque base organique pour une de sel). On obtient presque immédiatement un précipité bien cristallisé, qu'on lave à l'alcool, qu'on essore et qu'on dessèche dans le vide.

Ce précipité, qui est de l'azotate de cadmium aniline-phénylhydrazinique, est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Il fond à 195° et commence à se décomposer à cette température ; la décomposition devient très vive à 205°.

Analyse du composé :

				Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000		*Cadmium*	16,97	17,30
Poids de CdO.....	0 ,194				
Poids de matière..	0 ,300		*Carbone*	44,90	44,61
Poids de CdO.....	0 ,494				
			Phénylhydrazine	41,4	41,8

Quand on traite le bromure de cadmium (1 mol.) en solution alcoolique à 10 p. 100 par un mélange d'aniline (2 molécules) et de phénylhydrazine (2 molécules) additionné de 8 à 10 fois son volume d'alcool, on obtient un précipité immédiat cristallisé, qui contient 22,75 de cadmium p. 100 et 45,4 de phénylhydrazine. C'est simplement du bromure de cadmium diphénylhydrazinique ; il ne se forme pas de combinaison mixte.

Iodure de zinc α-naphtylamine-phénylhydrazinique

$ZnI^2.\ (C^{10}H^7,AzH^2).\ 2\,(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour obtenir ce composé, on ajoute à 40 cent. cubes d'une solution alcoolique d'iodure de zinc à 40 °/₀ 75 cent. cubes d'une

solution alcoolique à 20 %, d'α-naphtylamine additionnée de 10 cent. cubes de phénylhydrazine ; ces quantités correspondent environ à 1 molécule d'iodure de zinc, 2 molécules d'α-naphtylamine et 2 molécules de phénylhydrazine. Au bout d'un quart d'heure, la combinaison mixte d'iodure de zinc α-naphtylamine-phénylhydrazinique commence à cristalliser et il se fait peu à peu de belles houppes soyeuses formées de longues aiguilles prismatiques. On filtre à la trompe, on lave les cristaux avec peu d'alcool, on les essore soigneusement sur plaque poreuse et on les dessèche dans le vide.

Le composé ainsi obtenu est peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, assez soluble dans l'éther, insoluble dans le benzène et dans le chloroforme qui lui enlève de la naphtylamine. Il se décompose rapidement, sans fusion préalable, à 115°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,500			
Poids de ZnO....	0 ,060	*Zinc*.....	9,62	9,58
Poids de matière.	0 ,500			
Poids de AgI....	0 ,351	*Iode*.....	37,90	37,46
Poids de matière.	0 ,300			
Volume d'azote..	28cc			
Pression réduite..	758mm	*Azote*.....	10,99	10,31
Température	16°			
Poids de matière.	0 ,313			
Poids de CO^2....	0 ,444	*Carbone*.....	38,68	38,93
		Phénylhydrazine.	32,6	31,8

L'iodure de zinc α-naphtylamine-phénylhydrazinique, dissous dans une quantité suffisante d'alcool, est dissocié en α-naphtylamine et iodure de zinc phénylhydrazinique ; en effet, il ne se produit aucun dégagement de chaleur quand on mélange dans un calorimètre des volumes égaux de solutions alcooliques d'α-naphtylamine (1 gramme-molécule dans 4 litres) et d'iodure de zinc biphénylhydrazinique (1 gramme-molécule dans 4 litres).

Iodure de zinc β-naphtylamine-phénylhydrazinique

$$5\,ZnI^2.\,2\,(C^{10}H^7,AzH^2).\,4\,(C^6H^5,Az^2H^3)$$

La préparation de ce composé se fait de la façon suivante : à 65 cent. cubes d'une solution alcoolique d'iodure de zinc à 40 %,

on ajoute 150 cent. cubes d'une solution alcoolique contenant 10 % de β-naphtylamine et 12 % de phénylhydrazine ; cette dernière solution doit être préalablement chauffée vers 60° pour que toute la β-naphtylamine se dissolve. Les quantités de substances mises en œuvre correspondent sensiblement à 1 molécule d'iodure de zinc, 1 molécule de β-naphtylamine et 2 molécules de phénylhydrazine. On laisse refroidir le liquide résultant du mélange des deux solutions alcooliques et on détermine la cristallisation de la combinaison mixte en ajoutant quelques cristaux obtenus par l'évaporation spontanée d'une goutte de liquide ; la cristallisation est très lente et dure plusieurs jours. On filtre à la trompe, et le composé est lavé avec peu d'alcool, bien essoré et desséché dans le vide sur l'acide sulfurique.

L'iodure de zinc β-naphtylamine-phénylhydrazinique ainsi obtenu est cristallisé sous forme de prismes allongés, réunis en touffes ; il est soluble dans l'alcool et dans l'éther, peu soluble dans l'eau froide, légèrement soluble dans le chloroforme et dans le benzène. Il jaunit à 150° et se décompose rapidement en se boursouflant à 155°.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière.	0gr,750			
Poids de ZnO ...	0 ,111	*Zinc*.....	11,87	11,64
Poids de matière.	0 ,500			
Poids de AgI....	0 ,420	*Iode*.....	45,39	45,48
Poids de matière.	0 ,279			
Poids de CO^2...	0 ,318	*Carbone*.....	31,09	31,52

Chlorure de zinc pyridine-phénylhydrazinique

$2\,ZnCl^2.\ C^5H^5Az.\ 3(C^6H^5,Az^2H^3)$

Pour préparer ce composé mixte, on verse rapidement et en agitant dans 140 cent. cubes d'une solution alcoolique de chlorure de zinc à 10 %, un mélange formé de 22 grammes de phénylhydrazine et de 16 grammes de pyridine, ce qui fait environ 2 molécules de chacune de ces bases pour 1 molécule de chlorure de zinc. Au bout de très peu de temps, le liquide bien mélangé étant aban-

donné à lui-même, la combinaison de chlorure de zinc pyridine-phénylhydrazinique se dépose sous forme de cristaux prismatiques.

Ces cristaux, recueillis sur un filtre, sont lavés avec un peu d'alcool, essorés et desséchés dans le vide sec, puis à 100° ; ils sont peu solubles dans l'eau et dans l'alcool, insolubles dans l'éther. Chauffés sur le bloc de Maquenne, dans une cavité recouverte d'une lamelle, ils dégagent des vapeurs qui se condensent sur la lamelle à 165° ; ils fondent à 170° et se décomposent presque aussitôt en se boursouflant.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	0gr,980			
Poids de ZnO	0 ,233	*Zinc*.....	19,08	19,25
		Phénylhydrazine	47,8	48,00

Le composé, traité par la potasse, dégage une très forte odeur de pyridine.

Sulfates de nickel pyridine-phénylhydraziniques.

1° Quand on verse sur 8,5 grammes de sulfate de nickel cristallisé, réduit en poudre très fine, un mélange formé de 6,5 grammes de phénylhydrazine et 4,75 gr. de pyridine (1 molécule de sel pour 2 molécules de chaque base), et qu'on agite bien, on obtient d'abord une masse très liquide qui, au bout de quelques minutes, se prend presque instantanément en une masse bleu-verdâtre, très dure. Cette masse est pulvérisée et chauffée en couche mince pendant deux heures au bain-marie pour chasser l'excès de pyridine non combiné et pour la dessécher ; sa composition répond alors sensiblement à la formule $SO^4Ni.C^5H^5Az.\ 2(C^6H^5,Az^2H^3)$.

2° Dans 100 cent. cubes de solution aqueuse contenant 16 gr. de $SO^4Ni.7H^2O$, on verse une solution contenant 15 gr. de phénylhydrazine et 9,5 gr. de pyridine pour 30 cent. cubes d'eau ; ces quantités correspondent à 1 molécule de sel pour deux de pyridine et deux de phénylhydrazine. On obtient immédiatement un abondant précipité bleu-verdâtre, cristallin, qu'on recueille sur un filtre, qu'on essore soigneusement sur plaque poreuse et qu'on dessèche

dans l'air sec ; le produit prend une coloration jaune-brun. Le composé ainsi obtenu perd peu à peu de la pyridine à l'air, même à la température ordinaire ; il répand une forte odeur de pyridine quand on le traite par une solution concentrée de potasse et réduit abondamment la liqueur de Fehling. Sa composition répond sensiblement à la formule $SO^4Ni.2\,C^5H^5Az.5(C^6H^5, Az^2H^3)$.

Analyse du composé :

			Trouvé p. 100	Théorie
Poids de matière..	1gr,000			
Poids de SO^4Ba ..	0 ,282	*Soufre*.....	3,86	3,75
		Phénylhydrazine.	65,2	63,30

Quand on fait agir à froid un mélange de pyridine (2 molécules) et de phénylhydrazine (2 molécules) sur de l'iodure de zinc (1 molécule) en solution alcoolique à 20 %, il se forme de l'iodure de zinc pyridinique ne contenant pas de phénylhydrazine. Même en faisant agir dans des conditions analogues 6 molécules de phénylhydrazine au lieu de 2, il ne se forme pas de combinaison mixte ; l'iodure de zinc ne se combine qu'à la pyridine.

Au contraire, si on fait agir sur de l'azotate de cadmium (1 mol.) en solution alcoolique à 4 % un mélange de phénylhydrazine (3 mol.) et de pyridine (2 mol.) en solutions alcooliques à 6 %, il se forme au bout de très peu de temps de belles lamelles nacrées dont la composition répond à la formule de l'azotate de cadmium triphénylhydrazinique. En faisant agir sur l'azotate de cadmium un grand excès de pyridine (8 mol.) et de la phénylhydrazine (3 mol.) je n'ai pas obtenu non plus de combinaison mixte, mais la même combinaison phénylhydrazinique que dans le cas précédent.

La *quinoléine* se comporte comme la pyridine quand on la fait agir en même temps que de la phénylhydrazine sur l'iodure de zinc ou sur l'azotate de cadmium, dans les mêmes conditions. Il ne se forme pas de combinaison mixte ; avec l'iodure de zinc on a une combinaison quinoléique, avec l'azotate de cadmium une combinaison phénylhydrazinique.

Quand on verse, goutte à goutte et en agitant, un mélange à parties égales de phénylhydrazine et de quinoléine, étendu de son volume d'alcool, dans un excès de sulfate de nickel en solution aqueuse à 3 %, il se forme un précipité amorphe vert-clair. Ce précipité, lavé à l'eau froide, essoré et desséché dans l'air sec pendant 24 heures, répond sensiblement à la formule $SO^4Ni.3(C^9H^7Az).4(C^6H^5,Az^2H^3)$. Ce composé, dissous à saturation dans l'eau chaude, se dépose par refroidissement sous forme de prismes microscopiques réunis en amas globuleux. A la température ordinaire et à l'état sec, il dégage lentement des vapeurs de quinoléine.

L'action simultanée de la *benzidine* (1,5 mol.) en solution alcoolique à 5 % et de la phénylhydrazine (2 mol.) sur l'iodure de zinc (1 mol.) en solution alcoolique à 40 % ne donne pas de combinaison mixte, mais une combinaison benzidinique d'iodure de zinc.

Les combinaisons décrites dans la 3e partie, formées par un sel métallique avec la phénylhydrazine et une autre base organique, doivent être envisagées comme des combinaisons *mixtes* provenant de la fixation de deux bases organiques sur le même sel et non comme des combinaisons doubles formées par l'union d'une combinaison phénylhydrazinique d'un sel avec une combinaison anilinée, naphtylaminée ou pyridinée du même sel. Cela ressort de leur formule de constitution, dans laquelle les nombres de molécules du sel et de chacune des bases sont dans un rapport tel que, même en doublant et triplant ces formules, on ne peut les ramener à exprimer la somme de deux molécules connues de combinaisons de sels métalliques et de bases organiques. Seuls, l'iodure de zinc β-naphtylamine-phénylhydrazinique et le chlorure de zinc pyridine-phénylhydrazinique pourraient être envisagés comme des combinaisons doubles.

$$3\,ZnI^2.\,2\,(C^{10}H^7,AzH^2).\,4\,(C^6H^5,Az^2H^3) =$$
$$ZnI^2.\,2(C^{10}H^7,AzH^2) + 2[ZnI^2.\,2(C^6H^5,Az^2H^3)]$$

$$2\,[2ZnCl^2.\,C^5H^5Az.\,3(C^6H^5,Az^2H^3)] =$$
$$ZnCl^2.\,2\,C^5H^5Az + 3[ZnCl^2.\,2(C^6H^5,Az^2H^3)]$$

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La phénylhydrazine forme, comme l'ammoniaque, des combinaisons cristallisées avec un grand nombre de sels métalliques; un certain nombre de combinaisons analogues ont été obtenues récemment avec des amines primaires aromatiques (aniline, toluidine, xylidine) et avec des bases pyridiques et quinoléiques.

1° Pour les métaux de la série magnésienne (magnésium, zinc, cadmium, nickel, cobalt, manganèse), les sels dont des combinaisons phénylhydraziniques sont décrites dans la première partie de ce travail, sont : les fluorures, chlorures, bromures et iodures, — les hyposulfites, hyposulfates, sulfates, séléniates, azotates, hypophosphites, et pyrophosphates — les formiates, acétates, valérianates, oxalates, lactates et benzoates.

A part certains azotates, les hyposulfates, le benzoate de manganèse, l'iodure et l'acétate de nickel, tous les sels énumérés ci-dessus se combinent à deux molécules de phénylhydrazine. Avec certains sels de zinc (iodure), de nickel (chlorure et sulfate), de cobalt (chlorure, bromure et sulfate) et de manganèse (iodure), j'ai obtenu, outre la combinaison avec deux molécules de phénylhydrazine, une combinaison avec quatre ou cinq molécules.

2° Les combinaisons formées par les sels halogénés du lithium, du calcium, du strontium, du baryum et par les sels cuivreux sont décrites dans la deuxième partie. Les sels de lithium fixent 2 molécules de phénylhydrazine, ceux des métaux alcalino-terreux et l'iodure cuivreux en fixent 2 ou 4, le chlorure cuivreux 2,5 et le bromure cuivreux 3,5. Des combinaisons cristallisées provenant très probablement de l'union de la phénylhydrazine avec du sulfate cuivreux, de l'azotate cuivreux ou de l'azotate d'argent ont été obtenues, mais n'ont pu être analysées à cause de leur altérabilité.

3° Certains sels métalliques, tels que les chlorure, bromure et iodure de zinc, l'azotate de cadmium, le sulfate de nickel et l'iodure de manganèse, fixent, en même temps que de la phénylhydrazine, une autre base organique (aniline, α-naphtylamine, β-naphtylamine, pyridine ou quinoléine) en formant des combinaisons *mixtes*, qui sont étudiées dans la 3e partie ; ces combinaisons répondent à des formules variées.

Toutes les combinaisons phénylhydraziniques simples et mixtes que j'ai obtenues sont inscrites dans les tableaux suivants, classées par acides et par métaux.

1° Combinaisons obtenues avec les sels des métaux de la série magnésienne [1]

	SELS DE MAGNÉSIUM	SELS DE ZINC	SELS DE CADMIUM	SELS DE NICKEL	SELS DE COBALT	SELS DE MANGANÈSE
Fluorure		$ZnFl^2.2\varphi$				
Chlorures	$MgCl^2.2\varphi$	$ZnCl^2.2\varphi$	$CdCl^2.2\varphi$	$NiCl^2.2\varphi$ $NiCl^2.5\varphi$	$CoCl^2.2\varphi$ $CoCl^2.4\varphi$	$MnCl^2.2\varphi$
Bromures	$MgBr^2.2\varphi$	$ZnBr^2.2\varphi$	$CdBr^2.2\varphi$		$CoBr^2.2\varphi$ $CoBr^2.5\varphi$	
Iodures		$ZnI^2.2\varphi$ $ZnI^2.5\varphi$	$CdI^2.2\varphi$	$NiI^2.6\varphi$		$MnI^2.2\varphi$ $MnI^2.5\varphi$
Hyposulfite			$S^2O^3Cd.2\varphi$			
Hyposulfate			$S^2O^6Cd.5\varphi$			$S^2O^6Mn.5\varphi$
Sulfates	$SO^4Mg.2\varphi$			$SO^4Ni.5\varphi$	$SO^4Co.4\varphi$	
Séléniates		$SeO^4Zn.2\varphi$				
Azotates	$Az^2O^6Mg.3\varphi$	$Az^2O^6Zn.3\varphi$	$Az^2O^6Cd.3\varphi$	$Az^2O^6Ni.4\varphi$	$Az^2O^6Co.2\varphi$	
Hypophosphites		$Ph^2O^4H^4Zn.2\varphi$		$Ph^2O^4H^4Ni.2\varphi$		
Pyrophosphate		$Ph^2O^7Zn^2.2\varphi$				
Formiates		$(CHO^2)^2Zn.2\varphi$	$(CHO^2)^2Cd.2\varphi$			
Acétates		$(C^2H^3O^2)^2Zn.2\varphi$	$(C^2H^3O^2)^2Cd.2\varphi$	$(C^2H^3O^2)^2Ni.3\varphi$	$(C^2H^3O^2)^2Co.2\varphi$	$(C^2H^3O^2)^2Mn.2\varphi$
Valérianate		$(C^5H^9O^2)^2Zn.2\varphi$				
Oxalate		$C^2O^4Zn.2\varphi$				
Lactate		$(C^3H^5O^3)^2Zn.2\varphi$				
Benzoates		$(C^7H^5O^2)^2Zn.2\varphi$				$3[(C^7H^5O^2)^2Mn].2\varphi$

[1] La lettre φ représente la molécule de phénylhydrazine.

2° Combinaisons avec

	SELS DE LITHIUM	SELS DE CALCIUM	SELS DE STRONTIUM	SELS DE BARYUM	SELS DE CUIVRE	SELS D'ARGENT
Chlorures	$LiCl.2\varphi$	$CaCl^2.2\varphi$			$2Cu^2Cl^2.5\varphi$	
Bromures	$LiBr.2\varphi$	$CaBr^2.4\varphi$	$SrBr^2.2\varphi$	$BaBr^2.2\varphi$	$2Cu^2Br^2.7\varphi$	
Iodures			$SrI^2.4\varphi$	$BaI^2.4\varphi$	$Cu^2I^2.4\varphi$	
Azotate						$AzO^3Ag.n\varphi$

3° Combinaisons mixtes formées par les sels métalliques avec la phénylhydrazine et une autre base organique [1]

	PHÉNYLHYDRAZINE ET ANILINE	PHÉNYLHYDRAZINE ET α-NAPHTYLAMINE	PHÉNYLHYDRAZINE ET β-NAPHTYLAMINE	PHÉNYLHYDRAZINE ET PYRIDINE
Sels de zinc	$3ZnBr^2.5A.2\varphi$ $ZnI^2.A.2\varphi$	$ZnI^2.N\alpha.2\varphi$	$3ZnI^2.2N\beta.4\varphi$	$2ZnCl^2.Py.3\varphi$
Sels de cadmium	$2Az^2O^6Cd.3A.5\varphi$			
Sels de nickel	$SO^4Ni.A.2\varphi$			$SO^4Ni.2Py.5\varphi$
Sels de manganèse	$MnI^2.2A.2\varphi$			

[1] Dans le tableau, la molécule d'aniline est représentée par la lettre A, celle de naphtylamine α par Nα, celle de naphtylamine β par Nβ et celle de pyridine par Py.

500
M519
Ser.2
v.4:1

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

LES HOMMES VOLANTS. — SUR LES FLEXIONS ET COURBURES DES AILES. — ETUDES ANÉMOMÉTRIQUES ET DYNAMOMÉTRIQUES DES HÉLICES AÉRIENNES, PAR LE **Docteur AMANS.**

1re SÉRIE — TOME IV

N° 1

MONTPELLIER
IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

1908

Library State Normal School

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892.

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 530
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	105
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	250
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	180

2e série, in-8°, en cours de publication depuis 1893.

Section de Médecine.....	1 vol.	Fr. 12
Section des Sciences.....	3 vol.	45
Section des Lettres.....	4 vol.	48

SECTION DES SCIENCES

PREMIÈRE SÉRIE

(in-4°, 1847-1892).

TOME Ier (1847-1850).....	Fr. 25 »
Fascicule 1 (1847).....	4 »
— 2 (1848).....	10 »
— 3 (1849).....	5 »
— 4 (1850).....	6 »
TOME II (1851-1854).....	25 »
Fascicule 1 (1851).....	5 »
— 2 (1852-53).....	7 50
— 3 (1854).....	*épuisé*
TOME III (1855-1857).....	25 »
Fascicule 1 (1855).....	8 50
— 2 (1856).....	8 50
— 3 (1857).....	8 »
TOME IV (1858-1860).....	23 »
Fascicule 1 (1858).....	6 »
— 2 (1859).....	9 »
— 3 (1860).....	9 »
TOME V (1861-1863).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1861).....	10 »
— 2 (1862).....	8 »
— 3 (1863).....	5 »
TOME VI (1864-1866).....	23 »
Fascicule 1 (1864).....	*épuisé*
— 2 (1865).....	6 »
— 3 (1866).....	6 »
TOME VII (1867-1870).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1867).....	6 »
— 2 (1868).....	*épuisé*
— 3 (1869).....	6 »
— 4 (1870).....	4 »
TOME VIII (1872-1875).....	23 »
Fascicule 1 (1872).....	6 »
— 2 (1873).....	6 »
— 3 (1874).....	6 »
— 4 (1875).....	5 »
TOME IX (1876-1879).....	23 »
Fascicule 1 (1876).....	6 50
— 2 (1877-1878).....	7 50
— 3 (1879).....	9 »
TOME X (1880-1884).....	23 »
Fascicule 1 (1880-1881).....	7 50
— 2 (1882).....	7 50
— 3 (1883-1884).....	8 »
TOME XI (1885-1892).....	23 »
Fascicule 1 (1885-1886).....	9 »
— 2 (1887-1890).....	7 »
— 3 (1890-1892).....	7 »

LES HOMMES-VOLANTS

Par le Dr **AMANS**

Le problème de l'aviation est si complexe que, pour le traiter convenablement, il faudrait être à la fois mathématicien, physicien, chimiste, biologiste.... et même acrobate. L'homme est plus lourd que l'air, mais l'air est résistant ; comment discuter ces deux forces, poids, et résistance de l'air, forme du véhicule, sans les notions de centre de gravité, centre de poussée, sans quelques compositions et décompositions de forces, avec sinus, cosinus et intégrales ? Rassurez-vous, je prendrai seulement un parapluie, et je ne quitterai pas le Jardin zoologique ; je limiterai en outre mon étude à celle des aéroplanes [1].

Une première façon de voyager dans l'espace à la portée de tout le monde est de se laisser tomber du haut d'un édifice. Les amateurs de ce sport n'ont en général aucune préoccupation scientifique ; ils devraient se munir d'un compteur à secondes, et comparer la durée de chute avec leur poids et conformation (longueur des jambes, tour de poitrine, tour de bassin, etc.). On verrait ainsi que les femmes restent plus longtemps en l'air, même sans jupes, parce qu'elles nous dépassent par la grandeur du *maître-couple et du frottement tangentiel*; ces deux facteurs dominent toute la navigation aquatique et aérienne. Si on n'est pas dégoûté de la vie, il faut choisir un édifice de 1 m. 50 à 2 m. ; on arrive sur le sol

[1] Cette causerie a été éclairée par de nombreuses projections ; le conférencier a, de plus, présenté quelques pièces de démonstration (chanute, hélice, zooptère) et fait voler dans la salle un petit *entomoptère*. (Salle des Fêtes, 5 mai 1908).

avec une vitesse de 5 à 6 m. à la seconde. Du haut d'un édifice plus élevé, de la tour de l'Observatoire, par exemple (l'expérience a eu lieu à Montpellier il y a plus d'un siècle), il faut prendre un parapluie.

Si la surface est assez grande, 36 m^2, vous descendez à une vitesse de 3 à 6 m/s, une vitesse sans danger. Si on remplace le manche par des cordes périphériques, on a le parachute des aéronautes. La descente est plus lente avec un parachute *concave* qu'avec un *plan*, avec un plan qu'avec un *convexe*; le plan est la plus instable des surfaces, le convexe la *plus* stable. Séduit par cette idée, un Anglais, Cocking, s'est jeté avec un parapluie renversé de la nacelle d'un ballon de la hauteur de 1200 m.; la descente s'est faite sans la moindre oscillation, mais à la vitesse de 20 m. à la seconde; il s'est broyé sur le sol: la surface du parapluie n'était pas assez grande.

Pour rendre le parachute concave plus stable, il faut faire un trou au centre (ne pas dépasser 40 cm.) et allonger les cordes de manière à être à 6 m. environ au-dessous du trou. On risque de chavirer si les cordes sont trop courtes. Pour éviter de tomber sur un arbre, ou dans une mare à purin, il faut au moyen des cordes donner une position oblique au parachute; de sphérique, il devient ovoïdal; le *parachute ovoïdal tend à se diriger du côté du gros bout*; retenez bien ce gros bout. D'une manière générale, plus on descend vite, moins il y a d'oscillations; plus on se rapproche du sol, plus il y a de rafales, plus les oscillations sont à craindre. C'est justement au ras du sol que se font les expériences d'aéroplane.

La position oblique n'était qu'une exception dans le parachute; elle est la règle dans le cerf-volant et les aéroplanes.

Vous connaissez tous le cerf-volant; il se compose d'une ou plusieurs surfaces superposées ou en tandem, avec ou sans queue, et d'une ou plusieurs cordes entre les mains de l'opérateur. Les cellulaires sont des cerfs-volants en forme de boîtes sans fonds ni couvercle. On lance le cerf-volant contre le vent, et l'appareil s'envole; il monte, mais recule. Il monte

plus facilement et recule bien moins si les surfaces sont concaves, et d'une courbure plus accentuée en avant qu'en arrière, comme le méridien d'un œuf par exemple : lorsque le vent, s'engouffrant dans une voile de navire, donne cette courbure ovoïdale, le navire peut marcher contre le vent, sous un plus petit angle que si la voile était plane. On voit quelquefois une chemise en train de sécher sur une corde remonter contre le vent : même phénomène, même cause.

La force de recul est équilibrée par la traction de la corde ; il faut courir contre le vent, si celui-ci n'est pas assez fort pour supporter l'appareil. Remplacez maintenant la traction de la corde par une ou plusieurs paires d'hélices aériennes et vous avez un aéroplane. L'origine de ce terme est dans le verbe planer, qui signifie glisser sur l'air, sans mouvements apparents des ailes.

Les expériences de parachutes et de cerfs-volants ont donné des indications utiles pour la construction des aéroplanes ; mais les meilleurs modèles sont encore les animaux : pour apprendre à voler, il faut aller à l'école de ceux qui volent depuis des milliers d'années.

L'*homme qui veut faire l'ange*, je paraphrase le mot de Pascal, *doit faire la bête*, et ne la fait pas qui veut.

Quand on va à l'école, on débute par l'alphabet, et l'alphabet du vol est dans l'eau. Au commencement du monde organique, l'eau couvrait toute la terre. Tous les animaux sortent de l'eau, l'Homme aussi, avant les mois de nourrice ; nos tissus baignent encore dans l'eau de mer.

La matière vivante s'étalait au fond des mers comme une confiture amorphe, rampante, sans tête, ni queue : le collectivisme intégral. Le premier mouvement individuel a été la rotation dans tous les sens, l'individu était rond avec des poils partout, ces poils ou cils vibratiles lui servant de pieds.

Sous l'influence de certaines réactions physico-chimiques (amour du sexe, de la lumière et autres tropismes), la forme sphérique fait place à la forme ovoïdale ; les cils se localisent

en couronnes dans des plans perpendiculaires au grand axe de l'œuf, qui devient l'axe unique de rotation. La rotation en tout sens fait place à un mouvement de valse spirale; nous distinguons une tête et une queue, ou plutôt un avant et un arrière, l'animal se dirigeant toujours le gros bout avant. Tels sont les ancêtres des Vers et des Echinodermes. Mais, dira-t-on, quel rapport avec les aéroplanes? Il y a ce rapport, que les aéroplanes actuels, Seux-Rœsch et Ferber-Levavasseur exceptés, ne mettent pas le gros bout avant, et qu'ils ont tort. Les expériences de l'abbé Bossut, Condorcet, Dalemberg, prouvent que nos valseurs se dirigent du côté de la moindre résistance.

Un peu plus tard, les cils se localisent en 4 points de la couronne; une paire d'appendices sert à respirer, l'autre à nager, on distingue une face dorsale, et une face ventrale. Supposez un grand nombre de ces éléments alignés les uns à la suite des autres comme une série de cars électriques, vous avez le type des républiques fédératives, des colonies linéaires où chaque car a les mêmes fonctions, le car de tête représentant le bureau central de direction et d'intendance. Une différenciation plus prononcée nous conduit à un train de luxe, formé seulement de trois cars principaux, tête, poitrine et ventre. Un de nos collègues, le professeur Vialleton, nous a appris, le microscope à l'œil, comment se développait le cou. Le cou n'est pas un organe à dédaigner dans le vol, mais on peut s'en passer.

La partie centrale ou thorax est munie de nageoires ou pseudo-pattes en bas, de branchies sur le dos. L'embryologie nous donne à penser que les ailes étaient primitivement des palettes destinées à battre de l'air.... dans l'eau. On a beau dire que la Nature ne fait pas de sauts; nous ne voyons pas trop à quel moment les branchies ont fait des ailes; les intermédiaires manquent, et il nous faut sauter en pleine forêt carbonifère, pour trouver des animaux volants. La vie y était intense, mais sombre et silencieuse; pas de fleurs, d'oiseaux,

ni de soleil. Les animaux de cette époque n'étaient pas d'une gaieté folle ; ils étaient muets ou ventriloques. Le premier chant de ces forêts a dû être la stridulation aiguë, le cri-cri des grillons. Ces insectes, ainsi que leurs cousins les Blattes et les Sauterelles, ont une très haute antiquité. Au milieu de ces grandes forêts se trouvaient de grands lacs, sur les bords desquels volaient de grandes Demoiselles : tout était grand à cette époque. Voici une de ces Demoiselles, la *Meganeura Moynii*. Elle avait 50 à 70 cm. d'envergure, des mandibules qui servaient à la fois de pinces, de scies et de cisailles ; elles auraient pu très bien amputer un doigt ou le nez de l'homme, si elles l'avaient connu.

Un autre insecte de cette époque, aussi grand mais moins féroce, était l'*Archeoptylus*, un névroptère. Ses ailes ont une structure différente et dénotent un vol plus lourd. Un caractère commun à ces deux géants est que les ailes ne se replient pas : il est plus facile d'imiter une aile qui ne se replie pas.

Les ailes ont commencé à se replier chez les orthoptères, puis chez les Coléoptères, dont les ailes antérieures servent à la fois de couvercle, et parfois d'aéroplane ; leur étude est très instructive à ce dernier point de vue. Plus tard apparaissent successivement les machines cigale, abeille, papillon, mouche ; la *mouche* est un acrobate inimitable, *la reine du balancier*.

La machine à vol de ces derniers venus est beaucoup plus difficile à imiter que celle des insectes carbonifères. Les Meganeura, Archeoptilus et Protorthoptères ont disparu, mais il nous reste leurs descendants, Libellules, Mantes et Sauterelles, dont la structure, très différente l'une de l'autre, est assez semblable à celle de leurs ancêtres.

De l'étude comparée de tous ces insectes j'avais conclu que l'aile la plus schématique est au minimum formée de trois nervures ; les travaux les plus récents d'embryologie montrent que l'aile la plus rudimentaire est au minimum formée de trois nervures.

Un supplément de preuves nous est donné par l'étude des espèces contemporaines dégénérées (certains Pucerons), mais encore capables de vol : leurs ailes ont trois nervures. Pourquoi cette insistance sur le chiffre 3 ? C'est qu'elles confirment pleinement mes théorèmes des dièdres émis en 1883 : 1° l'*aile la plus rudimentaire se réduit à deux plans, formant un dièdre plus ou moins accusé à la base de l'aile*, dont les variations volontaires servent à la fois à faire varier la concavité... et la direction ; 2° *s'il y a plusieurs paires d'ailes, elles forment un escalier inscrit dans un dièdre.* Une section du profil diédrique ou ovoïdale produit les mêmes phénomènes, qu'il s'agisse d'un parapluie, d'une voile de navire, ou d'une aile animale.

Avec trois baguettes partant de la base de l'aile vous pouvez faire un dièdre, mais pas avec deux : avec deux baguettes parallèles ou qui se rencontrent, vous ne pouvez faire qu'un versant (théorie de Borelli, de Marey) ; dans toute autre position, vous pouvez faire une hélice (théorie de Petitgrew). En somme, avec l'aile diédrique vous obtenez l'organe essentiel, nécessaire et suffisant du vol, pour la sustentation, la propulsion, et les changements de direction ; un animal ou une imitation volera à la rigueur sans tête, ni queue, mais pas sans ce petit dièdre. Toute théorie est fausse, qui veut expliquer le vol, par des battements analogues à ceux d'une porte, sans tenir compte des ondulations de la base et du principe cinématique de l'ovoïde. Voici un *entomoptère* très rudimentaire, puisque les épaules se touchent, et que les deux ailes ont le même axe de roulement, mais ce roulement n'est pas du tout celui d'une porte et vous remarquerez deux versants : pendant que le grand versant s'abaisse, le petit se relève, et nous avons à la fois battement et ondulation. Je ne base nullement la physiologie du vol sur ce modèle : il réalise, schématise plutôt une des nombreuses combinaisons possibles.

Le nombre de battements est variable, 3, 5, 10 à la seconde

chez les oiseaux, 28 chez les Libellules, 4 à 500 chez les abeilles et les mouches. La Meganeura devait faire bien moins : en général les grandes ailes se remuent moins vite, et planent volontiers. Voici par exemple un planeur de grande envergure, un arrière-grand-père de lézard, vivant à l'époque crétacée, l'*Ornithostoma ingens* ; il avait 7 mètres environ d'envergure, et probablement entre les nervures digitales une membrane analogue à celle des chauves-souris. On avait dit autrefois que le vol par imitation des insectes ou des oiseaux était impossible, que la Nature n'avait pu dépasser une certaine envergure, ni un certain poids, ridiculement inférieur à ce qu'il faudrait pour l'homme. Les découvertes des Meganeura, des Ornithostoma et autres sauriens encore plus lourds réduisent à néant ces arguments ; si nous pouvions regarder de plus près dans la planète Mars, peut-être y trouverions-nous des bêtes de l'Apocalypse d'une plus grande envergure. Actuellement, on dit que le vol est non seulement possible, mais n'est possible que par le système aéroplane, brillamment inauguré à Bagatelle et à Issy-les-Moulineaux, qu'il est impossible, dit-on, de faire voler une demi-tonne avec un système d'ailes battantes : si la Nature se sert d'ailes battantes, c'est qu'elle n'a pas pu faire autrement ; le meilleur chameau ne vaut pas une combinaison de rails et de locomotives : il vaut mieux rouler que vibrer, etc. On va même jusqu'à dire que la Nature se trompe et qu'elle a fait une monstruosité en créant les sauriens volants. C'est une fâcheuse tendance de vouloir juger un problème aussi ardu avec d'aussi faibles arguments. L'Ornithostoma est un monstre si on veut, mais enfin il vibrait ; il ne roulait pas. Il serait plus scientifique de dire : le vol par battements est le meilleur, mais il est plus difficile à imiter ; l'aile vibrante donne à la fois propulsion, sustentation, direction de haut en bas et de droite à gauche. Pourvu que notre machine ait les moyens d'obtenir ces quatre résultats, peu importent les moyens ; tâchons seu-

lement d'emprunter à la Nature le plus de moyens que nous pourrons, compatibles avec nos arbres de roulement.

Le premier aéroplane a été construit par mon ami *Jobert*, un aéronaute du Zénith : il l'a construit sur les indications de *Penaud*. J'ai vu l'aéroplane Penaud dans la collection du *Dr Hureau de Villeneuve*. Il se compose d'une grande surface plane en avant, d'une petite en arrière et plus en arrière encore d'une hélice tournant au moyen du caoutchouc tordu. Plus tard le Professeur *Marey*, en collaboration avec *Tatin*, a remplacé le caoutchouc par une minuscule machine à vapeur. En 1883, je proposais d'employer des surfaces concaves, et en 1886, fidèle à ma théorie du dièdre, d'en employer au moins deux, une petite en avant jouant le rôle de plongeur ou de gouvernail de profondeur. Comme exemple presque schématique, je citais la Raie. En 1892, nous voyons un aérocave descendre en l'air, c'est celui de Lilienthal. Il modérait le tangage par des déplacements étendus du bassin et des jambes ; déplacements allant jusqu'à 40 ou 50 cm. ; les aerocaves non munis de plongeur ont la fâcheuse habitude de piquer une tête et de tomber sur le dos ; j'ai montré le même genre de chute chez les mouches, soit qu'on leur enlève le balancier, soit qu'on détruise le dièdre. C'est dans des chutes de ce genre que se sont tués successivement Lilienthal, Pilcher.

Pour remédier à cette instabilité, on se sert de surfaces superposées ; tels sont les aérocaves *Chanute*. Nous sortons ici complètement du type animal ; la résistance à l'avancement est plus grande à deux ou plusieurs étages qu'à un seul, mais il y a plus de sécurité. M. Chanute a eu cependant beaucoup de déboires, en voulant mettre plusieurs surfaces en tandem ; il en aurait eu beaucoup moins s'il s'était inspiré de mon théorème II ; il ne faut pas que les surfaces soient dans le sillage l'une de l'autre, mais que leurs articulations basilaires soient inscrites dans une courbe ovoïdale. Il faut aussi donner plus d'envergure aux ailes antérieures, et les tenir plus ou moins relevées. Ces deux dernières conditions sont

réalisées dans l'aérodrome de *Langley*, un vrai savant, et grand admirateur des formes animales. Je reprocherai aux deux ailes d'être dans le même sillage, et d'avoir l'extrémité sectionnée comme une planche, comme du reste presque tous les aéroplanes actuels. L'aérodrome de Langley en 1896, pesant 13 kilogr. s'est tenu à 1'30" en l'air, couvrant 800 m. ; il faut dire cependant qu'en 1895, MM. Richet et Tatin avaient fait parcourir une distance de 178 m. à un aéroplane de 37 kilogr. non monté.

Langley est mort, dit-on, désespéré des nombreux déboires qu'il avait éprouvés dans ses expériences ; je l'ai vu à Paris en 1900, peu parleur, très déprimé. Plus déprimé encore était M. *Ader*, dont l'Avion méritait un meilleur sort.

En 1900, *Bleriot* se lance dans l'aviation à corps perdu, sans se laisser rebuter par les chutes et les insuccès. Son histoire est instructive ; elle montre que la ténacité finit par triompher, mais qu'elle triompherait plus vite, si elle était plus éclairée. Il débute par un système d'ailes battantes : mauvais résultats ; il abandonne : mais ses ailes étaient mal conformées, et leur mouvement antiphysiologique. Il n'est pas plus heureux avec ses aéroplanes elliptiques, demi-elliptiques. Pendant ce temps *Santos-Dumont* et *Vuia* prouvent qu'on peut quitter le sol en se servant d'une seule hélice. Bleriot adopte le type Langley, mais avec une seule hélice, et en 1907 seulement, il quitte le sol après Santos, Vuia, *Delagrange*. Une idée constante de Bleriot a été de confier à un seul organe les changements de direction, au moyen d'un joint universel ; il vaut mieux, je crois, débuter par des organes séparés, comme la Raie par exemple : elle fait signe *oui* de la tête, et *non* avec la queue ; de plus, elle *pianote* avec l'extrémité des ailes, toute la direction et la stabilité sont dans ces trois mouvements. Bleriot combattait le tangage par des déplacements de son propre corps, ce qui est une manœuvre très aléatoire ; ce n'est que depuis peu qu'il se décide à adopter le plongeur.

Le plongeur fait son apparition avec les frères *Wright* ;

ils reprennent l'idée que j'avais émise en 1886 et l'appliquent au chanute. L'aviateur est couché sur le ventre ; il tient le plongeur en main ; l'atterrissage a lieu sans danger. Une fois bien familiarisés avec les manœuvres d'équilibre, les frères Wright auraient muni leur appareil d'un moteur de 12 H P, et de progrès en progrès, en 1905 ils auraient fini par faire près de 40 km., avec un poids total de 388 kg. Je ne puis vous montrer de projections de cette performance ; d'une manière générale, on n'y croit pas, et certainement l'histoire future placera l'origine des premiers vols en France, et non en Amérique [1].

Santos-Dumont a fait son premier vol de 220 m. avec deux chanutes, ou deux boîtes, une petite en avant, reliée à la grande par un plan vertical. Ce plan sert de timon et la petite boîte de plongeur. Les appareils de Delagrange et de Farman sont identiques ; ils se composent de 2 chanutes, le plus grand en avant, précédé du plongeur ; le chanute postérieur a 2 plans verticaux servant de timon. Cet appareil est beaucoup plus naturel que celui de Santos. C'est avec lui que Delagrange a quitté le sol, bien avant Farman ; mais celui-ci était un artiste du volant ; il a le premier couvert une distance de 285 m. puis de 2 km. Delagrange a battu ce record, en le portant à près de 4 km. Ils ont l'un et l'autre fait les virages avec la plus grande facilité, en apparence du moins.

Un autre appareil a fait, lui aussi, des bonds et des virages ; c'est celui d'*Esnault-Pelterie*. Il ressemble un peu au premier appareil de Bleriot, avec un plongeur à l'arrière au lieu d'être en avant. On peut remarquer que les animaux se servent souvent de leur arrière-train (queue des oiseaux, ventre des insectes) comme plongeur, mais la place constante essentielle du plongeur est en avant (nageoires pectorales, tête de raie, versant antérieur de l'aile).

L'aéroplane *Gastambide* avait la prétention de voler sans

[1] Ces lignes ont paru avant les performances de Wilbur Wright au Mans.

plongeur; il a capoté chaque fois, si bien qu'on s'est décidé à lui donner un plongeur. L'aéroplane *Antoinette* ou *Ferber-Levavasseur* sort du même chantier, mais il est plus naturel; les ailes ont le contour animal triangulaire-curviligne, et non rectangulaire comme les chanutes habituels; un reporter parle même de certaines lignes ondulées, très agréables à l'œil; vous avez vu ces lignes dans les grandes Demoiselles; je les ai aussi signalées dans les petites modernes. Il semble encore, d'après les photographies, que l'aile est cette fois considérée non plus comme une planche, mais comme un solide pyramidal dont l'épaisseur va en diminuant d'avant en arrière, dont l'épaisseur et la largeur vont en diminuant de la base à la pointe: on s'achemine donc de progrès en progrès vers la géométrie animale; la marche est d'autant plus lente qu'on ignore davantage les bêtes. L'aéroplane Antoinette sera muni d'un moteur de 100 HP, de deux plongeurs à l'avant, et d'un timon à l'arrière. Les aéroplanes Delagrange–Farman n'ont ni ventre, ni poitrine; *Antoinette*, et je l'en félicite, a *de la poitrine et du ventre* : vous en voyez du moins la carcasse.

Les questions de forme paraissent secondaires à côté de celles d'énergie motrice. Il est évident que, malgré une connaissance et une imitation parfaites des formes animales, on était incapable d'imiter le muscle. Aujourd'hui le muscle est dépassé, c'est-à-dire que nous obtenons plus de travail avec un poids moindre; le muscle utilise bien mieux les aliments que le moteur à gazoline, mais il est plus lourd. J'avais en 1892 acheté un moteur Daimler le plus léger possible; il pesait 80 kg. et faisait 1/2 H seulement. Aujourd'hui avec 80 kg. on aurait 80 HP, c'est-à-dire de quoi faire le travail moyen de 160 percherons. Cette projection vous représente une Antoinette de 50 HP avec une hélice à deux branches directement montée sur l'arbre du moteur.

Cette forme d'hélice, ainsi que celle de l'aéroplane Esnault-Pelterie, sont les formes les plus usitées; ce sont des hélices géométriques, genre éventail, ou escalier. J'ai depuis long-

temps proposé des palettes élastiques, des *zooptères* comme donnant plus de propulsion, plus de souplesse et de solidité. Je n'ai pas le temps d'attaquer cette question, mais vous verrez plus tard les zooptères entrer dans la pratique, bien entendu sous un autre nom que celui du promoteur. Ce mouvement est déjà commencé en Angleterre et en Italie.

Cette projection vous montre une photo de zooptère au repos, à 600 tours et à 900 tours ; l'envergure augmente avec le nombre de tours, et d'autant plus que les nervures sont plus flexibles. La photographie est une excellente méthode pour étudier les moments de flexion, un des facteurs les plus importants des zooptères.

Je laisserai de côté les nombreux aéroplanes en construction soit en France, soit à l'étranger. Je remarque cependant dans l'aéroplane *Zens* un plongeur en avant, mobile en tous sens, au lieu d'être simplement mobile autour d'un axe horizontal.

L'aéroplane *Roshon* menace le ciel de ses treize étages : l'auteur s'est dit évidemment que lorsqu'un principe est bon, on ne saurait trop en mettre. Même raisonnement chez *Graham Bell*, mais avec un autre principe, avec le tétraèdre : son appareil, composé de 1,300 unités, est le triomphe du dièdre de stabilité ; il peut soulever un homme, avec une légère brise. La Société de Bell paraît cependant renoncer pour le moment à ce type, et elle a expérimenté sur la glace, cet hiver, un type tout différent (*the red wing*).

L'aéroplane *Auffm-Ordt* est très intéressant, parce que, pour la première fois, je vois appliqué sur la grande surface le principe de dièdre à versants mobiles. Chez l'animal les deux versants sont mobiles ; dans mon hélice zooptère, j'ai proposé de faire mobile le petit versant antérieur; cette disposition est appliquée dans l'aéroplane Auffm-ordt. En arrière est une petite cellule renfermant le plongeur, et tout à fait à la queue le timon. Il nous faudrait donc trois manettes pour actionner soit séparément, soit ensemble, soit deux à deux, les trois organes précités, aileron, plongeur et timon. L'aileron peut

jouer le rôle de plongeur, mais en plus il augmente ou diminue la concavité de la surface de sustentation.

A ces trois manettes, il faut ajouter celle du carburateur et de l'avance à l'allumage. Il ne lui manquerait qu'un volant pour faire changer la déclinaison de l'hélice, et un autre volant pour tordre la surface de sustentation : toute une gamme de manettes. Il semble que Farman N° 2 veuille entrer dans cette dernière voie, et il se rapprocherait ainsi davantage de l'aile naturelle, qui est une surface tordue.

J'avais donc raison de dire que, pour réussir, il fallait s'inspirer de la machine animale ; vous voyez que peu à peu, consciemment ou inconsciemment, l'expérience conduit à l'imitation de cette machine : mais que de tâtonnements, que de temps perdu par ignorance ; au risque de passer pour Cassandre, je crierai à Farman et aux autres : Si vous ne faites pas mieux la bête, vous courez à un désastre. Vous obtenez la stabilité longitudinale par la grande vitesse de translation, et les manœuvres du plongeur, de l'aileron ; vous n'obtiendrez la stabilité transversale que par une grande vitesse transversale, c'est-à-dire par la mobilité des ailes, tout au moins de leurs extrémités ; il faut que ces extrémités soient flexibles et mobiles. Si vous avez une série de barriques qui vous roulent sous les pieds, vous n'obtenez la stabilité, qu'en remuant les pieds le plus vite possible. Sur bicyclette, plus le chemin est mauvais, ou bien plus lentement vous roulez, et plus vite il faut alterner les coups de guidon, si vous voulez rester sur la verticale. Je ne vois pas encore le moment où on ira de Montpellier à l'Aigoual, au pic Saint-Loup, ou même à Palavas, à moins de perfectionnements dans le sens que j'indique.

Les apôtres de l'aviation, considérant la question comme résolue, se demandent déjà ce que sera l'humanité de demain : des papillons, des colombes, des anges, disent les rêveurs ; des bousiers, des vautours, des vampires, disent les naturalistes. L'Homo sapiens n'est pas plus intelligent, ni meilleur que l'Homo stupidus des cavernes préhistoriques ; ouvrez une

école.... et une prison de plus ; cet animal a besoin d'être muselé et on lui enlève peu à peu toutes les muselières. Voici ce que je lis dans un journal de 1920 : « Il y aura des armées aériennes. La garde des trésors, l'honneur des femmes et des filles seront bien exposés jusqu'à ce qu'on ait établi des maréchaussées en l'air et coupé les ailes aux effrontés et aux bandits. Il faudra dans le royaume une nouvelle charge de secrétaire d'Etat pour les forces aériennes ». Maréchaussée ! royaume ! Je me suis trompé de date ; c'est de 1720, et celui qui parle ainsi est le marquis d'Argenson. En avait-il du flair !

Je livre cette question de devenir à vos méditations ; elle sort de mon sujet et de ma compétence : j'ai étudié la géométrie, mais non la canaillerie à trois dimensions. La morale de mon sujet est que le temps n'est pas encore venu de mettre les naturalistes à la porte du chantier aéronautique.

SUR LES FLEXIONS ET COURBURES DES AILES

Par le Dr **AMANS**

L'étude des flexions et courbures des ailes est de la plus haute importance pour la construction d'un ornithoptère, d'un aéroplane, ou d'une hélice zooptère. On a bien prétendu que la machine à vol pratique n'aurait pas plus de ressemblance avec un oiseau qu'une locomotive ou une auto avec une gazelle : on oublie qu'il a fallu créer des routes spéciales pour ces véhicules, et que tout véhicule aérien doit obéir aux lois de la pesanteur et de la résistance aérienne. Tant que ces lois seront en vigueur, il faudra bien en tenir compte et s'inspirer de la géométrie animale.

Qu'on me cite un seul perfectionnement sérieux qui ne se retrouve chez les Insectes du Carbonifère, et même à une époque plus reculée encore chez les Sélaciens plats. En disséquant les Pseudo-Névroptères, j'ai acquis les notions fondamentales d'aérocave et de surface gauche ; l'étude de la Raie est édifiante pour la construction du plongeur où gouvernail de profondeur, et aussi pour les manœuvres de stabilité transversale. En mettant deux étages de surfaces, on a la double Raie des Wright, ou le double Exocète des Farman et Delagrange; dans les deux types, on fait les sections de profil courbe, mais on est encore loin du type animal. La surface animale a un gauchissement fixe, celui du squelette osseux ou chitineux en extension, et un gauchissement volontaire sous l'action des muscles.

Les Wright ont tiré grand profit du gauchissement volon-

taire ; ils feraient bien d'imiter aussi le gauchissement fixe, et aussi d'autres facteurs tels que l'aileron, les courbures frontales, etc. Il paraît que MM. Wright ont eu beaucoup de déboires au début du gauchissement ; il ne serait efficace qu'à l'aide du gouvernail de direction ou *vireur ;* ils n'auraient pas eu ces déboires, s'ils avaient eu un *aileron*, celui-ci étant beaucoup plus efficace que la queue, à tel point que le vireur n'est pas indispensable au vol, tandis que la suppression de l'aileron chez les animaux supprime le vol, ou du moins le rend très instable. Les courbures frontales sont généralement négligées ; elles nous paraissent indispensables, surtout dans la construction d'un monoplan.

L'étude des flexions et courbures est, en outre, d'un grand secours si on veut étudier la résistance aérienne sur des surfaces gauches ondulées élastiques, que ces surfaces marchent soit en ligne droite, soit en ligne ondulée, soit en rotation autour d'un axe. Les deux premiers cas n'ont jamais été étudiés ; nous en ignorons les coefficients de la résistance ; mais le troisième cas a été, de ma part, l'objet de nombreuses recherches.

Les partisans de l'hélice géométrique pure peuvent trouver un peu risquée l'idée d'appliquer à une aile rotative les principes d'une aile battante ; cette objection ne m'a pas arrêté, et dès 1889, j'ai exposé les raisons et les résultats de ce concept. D'autres l'ont eu avant moi, mais sans le soumettre à des mesures précises ; ainsi, en 1848, Josh Beal propose son aile d'oiseau, mais son dessin n'est pas celui d'une aile d'oiseau ; le dessin de Farcot est plus conforme à la projection horizontale d'une aile animale ; à la même époque William Joest (1841) et Robert Fowles (1848) proposaient une queue de poisson pour l'hélice marine.

Ces idées sont restées à l'état de projet, probablement parce que leurs protagonistes connaissaient mal l'aile, ou n'avaient pas l'adresse manuelle pour exécuter eux-mêmes des modèles. Je puis bien dire que mon mémoire de 1891 est le premier où

figurent des tables de propulsion de palettes animales rotatives. C'est dans ce mémoire que sont dessinées les sections de profil courbe, à gros bout avant recommandées plus tard par le colonel Renard (1903), adoptées depuis peu par le génie italien, et en France également par divers constructeurs. Citons encore l'Avion d'Ader (1900), où on remarque des pales étroites en forme de rémiges; le dernier aéroplane de Pompeien-Piraud, avec des pales larges, très concaves, imitées de l'oiseau; l'hélicoptère de Bertelli, où sur un moyeu énorme gyroscopique sont implantées des ailes pseudo-cheiroptères. Aucun de ces chercheurs n'a publié de résultats à ce sujet.

A côté de ces ailes purement animales, on peut appeler *système mixte* celui où l'on cherche à perfectionner l'hélice classique géométrique par l'adjonction de tel ou tel facteur de mécanique animale, par exemple l'hélice Grocco, hélice pure mais avec les profils mentionnés plus haut; l'hélice Seux-Rœsh, où on applique plus fidèlement mon schéma, c'est-à dire *concavité décroissante en allant du proximum au distum*. Le colonel Renard a, en outre, introduit une articulation à la base du bras principal de la pale, afin d'éviter les efforts de rupture dus à la flexion ; la force centrifuge, bien plus considérable que la poussée aérienne, maintient le bras, voisin de la normale à l'axe. C'est là un premier pas vers la nervure principale des palettes zooptères, avec cette différence que, dans une nervure élastique, il y a une infinité d'axes de flexion.

A ce système mixte appartiennent les hélices à largeur décroissante vers le distum, à pas croissant du proximum au distum, à génératrices inclinées sur l'axe ; les hélices ainsi modifiées ont donné des résultats supérieurs à ceux de l'hélice géométrique pure, où l'on se préoccupe uniquement du diamètre et du pas.

La différence la plus considérable entre ce système mixte et la vraie zooptère réside dans la grande élasticité de celle-ci et le sens de la torsion, deux faits intimément liés l'un à l'autre. Dans l'hélice pure, la spire distale fait avec l'équa-

teur un angle plus petit que celui de la spire proximale; la différence des deux angles étant négative, j'appelle ce genre de torsion *torsion négative*. Dans le système mixte, la différence est positive, c'est-à-dire que les spires distales font avec l'équateur un angle plus grand que les spires proximales : la *torsion* est *positive*.

Si la pale est très flexible, nous avons, sous l'influence d'une poussée aérienne, une déformation générale, et en particulier un changement dans les déclinaisons, un changement de torsion. Si la pale était formée d'un bord antérieur rectiligne plus ou moins rigide et d'un voile membraneux élastique, la torsion positive pourrait diminuer au point de devenir négative, et nous retomberions dans le système mixte. Avec une vraie surface zooptère, nous ne pouvons pas dire a *priori* comment se déformera la surface. Il faudra procéder expérimentalement, et c'est ce que je vais montrer dans quelques cas particuliers.

Rémiges

Prenons une rémige antérieure de pigeon, unité typique de pale zooptère [1]. Avant d'étudier sa déformation, il faut savoir comment elle est faite. Elle est formée d'un petit versant antérieur, ayant à la base son maximum de largeur, et d'un grand versant postérieur, ayant au distum son maximum de largeur. L'arête de séparation des deux versants est formée par un tuyau courbe de section elliptique et creux au proximum, de section quadrilatère et plein au distum. Les sections de profil des plumes sont courbes et de la forme (fig. 1); la dépression *i* sert à loger le tuyau de la plume précédente. Le lieu des points *i* forme une vallée qui vient mourir à une petite distance; je sectionne aux ciseaux le fond de cette vallée

[1] J'ai déjà donné dans les *Mémoires de l'Acad.* les caractères essentiels d'une pale zooptère.

et nous constatons que la largeur maxima se trouve vers le distum ; c'est l'inverse avant l'excision.

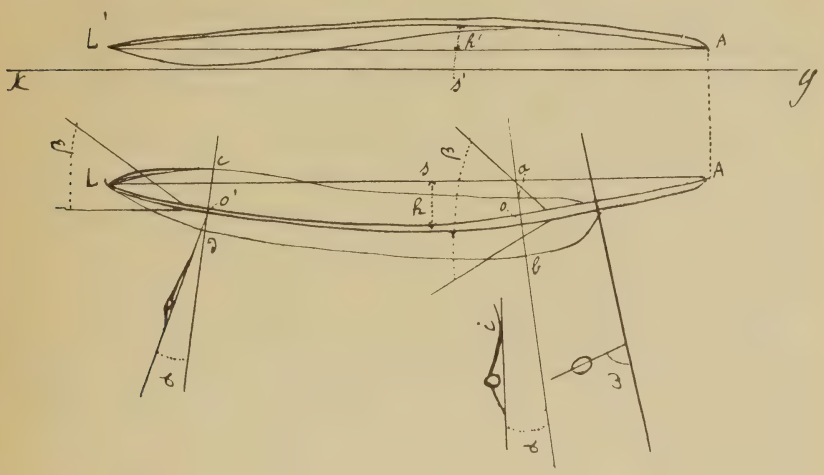


Fig. 1

Les largeurs maxima, une fois coupé le fond de la vallée, sont :

N° de la rémige....	I	II	III	IV	V à X
Largeur.....	17 m/m	18	20	24	25

Considérons les sections de profil passant par les sommets antérieur *ab*, postérieur *cd ;* on a :

N° de la rémige..	I	II	III	IV	V	VI-X
Valeur de $\frac{oa}{ob}$.....	$\frac{4.5}{12}$	$\frac{7}{11}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{11}{9}$

Je noterai encore les rapports suivants :

	I	II	IV	VI-VII	VIII	IX-X
$\frac{ab}{cd}$.....	0,82	0,88	0,9	0,83	0,84	0,84
$\frac{oa}{o'd}$..... ..	0,25	0,46	0,66	....	0,69	0,80

Les pennules prennent leur origine sur la face inférieure du tuyau, au niveau du raphé médian, et montent assez rapidement vers la face supérieure.

Les épaisseurs maxima du tuyau au niveau du raphé, à l'origine des pennules, sont :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Grand axe....	37,5	4	4	3,8	3,7	3,5	3,4	3,4	3,2	3,2
Petit axe.....	3,5	3,4	3,3	3,1	3	3	2,9	2,8	2,8	2,8

L'angle *aob* dans les sections de profil va en augmentant du proximum au distum ; il est, par exemple, de 126° à 34 millim. de distance du point d'origine des pennules, de 136° à 111 millimètres, de 180° vers la pointe. L'angle est moins grand à la base des autres plumes.

Un autre angle intéressant est (6) celui que font les pennules du versant antérieur avec celles du versant postérieur. Dans une même rémige, l'angle diminue du proximum au distum 6 par exemple :

	I	IV	X
Au proximum.....	73°	98°	98°
Au distum.....	55°	63°	71°

C'est la première rémige qui a les plus petits angles. Les pennules antérieures d'une rémige recouvrent les pennules postérieures de la rémige précédente, à un angle voisin de 60° ; ce système à fibres croisées donne beaucoup de solidité à la surface alaire. Il faut encore remarquer que l'angle des pennules postérieures avec le tuyau même va aussi en diminuant du proximum au distum, et que cette loi est universelle, commune à toutes les palettes propulsives : les *nervures secondaires divergent à partir de la base.*

Cette loi est encore méconnue dans la construction des aéroplanes, puisque les nervures secondaires sont partout perpendiculaires au bord antérieur ; dans ces appareils, les bords antérieur et postérieur sont également rigides et parallèles, ce qui est faux en mécanique animale. On commence cependant à arrondir et rendre élastique le bord postéro-distal. Il faut reconnaître qu'en aéroplane, la force centrifuge ne joue aucun rôle, et que la disposition rayonnante, divergente des nervures

secondaires nous paraît intimément liée à la force centrifuge, à la fonction d'aile battante ; mais il n'y a pas que la force centrifuge à considérer. La manœuvre du gauchissement est plus aisée, moins fatigante pour la nervure principale, avec la disposition rayonnante ; tandis qu'avec des traverses perpendiculaires au bord antérieur, celui-ci supporte tout l'effort, et doit être plus ou moins rigide. Nous verrons plus loin que le bord antérieur d'une pale est bien le plus résistant à tout effort de flexion, mais qu'il est élastique tout de même.

Torsion. — L'ensemble des pennules forme une surface plus ou moins tordue. Sur une plaque de verre bien plane, recouverte d'un papier quadrillé, je place la plume de manière qu'elle repose sur la plaque par le bord postéro-distal et par la pointe basilaire ; la pointe distale est alors à 4-5 millim. au-dessus de la plaque ; à des distances x, mesurées au curvimètre sur le tuyau, je mène des plans perpendiculaires à la fois au tuyau de la plume et à la plaque. Ce sont des plans de profil, si on veut, mais non parallèles entre eux. La corde de profil fait avec la plaque des angles α variables avec x, et qui sont consignés dans le tableau suivant. Un autre fait intéressant est la différence ω entre l'angle distal et l'angle du grand axe de la section elliptique proxima avec la plaque.

	I		II		III		IV		V	
	x	α	x	α	x	α				
	60 m/m	32°	72	31°	73	23°5	80	29°	74	27°
	85	27°	95	30,5	103	27°5	113	30°	100	26°
	111	27°	123	33,5	136	27°5	148	30°	130	27°
	160	28	155	34°	176	30°5	199	33°	177	28°
	204	41°	211	34°	200	35°				
Longueur	214		226		211		209		192	
ω		80°	86°		85°		90°		91°	
Torsion		+14°	+4°		+11°5		+4°		+2°	

	VI		VII		VIII		IX		X	
	x	α	x	α	x	α	x	α	x	α
	70	33°5	70	18°5	70	20°5	67	29°	56	6°5
	103	23°5	103	16°	100	18°5	90	29°	75	6°
	130	22°	128	16°	125	18°5	137	31°5	94	6°
	157	23°	153	17°	150	21°5			134	12°5
Longueur	174		167		158		148		141	
ω	93°		99°		101°		87°		99°	
Torsion	−11°5		−1°		+1°		+2°5		+6°	

Remarques. — Les nervures diminuent de longueur à partir de la seconde; la plus courte est les 62% de la plus longue.

C'est la première nervure qui a la plus forte torsion positive, 14°; la troisième et la sixième ont même torsion, mais de signe contraire.

La valeur de ω est voisine de $90° \pm 10°$; j'ai fait remarquer, dans mon étude des Poissons volants, que *la divergence du plan distal d'une nervure avec le grand axe basilaire de cette nervure est* voisine de 90°. Ce trait est du reste commun à toutes les palettes propulsives dans l'air et dans l'eau : avis aux constructeurs de nervures artificielles.

Les plans de profil perpendiculaires au tuyau font entre eux des angles variables avec la courbure du tuyau ; entre le plan proximal et le plan distal, il peut y avoir 50° de différence chez le Dindon, et davantage chez la Poule. Il est plus commode pour la construction d'un gabarit d'adopter mon épure habituelle de l'aile entière en extension[1], c'est-à-dire des plans de profil perpendiculaires à l'axe proximo-distal, par suite tous parallèles entre eux, et comme plan d'horizon, celui où la surface se projette en maximum de superficie, comme dans la fig. 1. Nous trouverions ainsi pour la différence des déclinaisons proximale et distale des chiffres plus élevés ; ceci nous conduirait à étudier cette différence suivant que l'on

[1] Voir article *Hélice zooptère*. (Mémoires de l'Ac. 2me série, tom. III).

adopte un profil plus ou moins oblique à l'axe proximo-distal. C'est un problème très intéressant pour l'aéroplane, et qui revient à celui-ci : *Quelle position faut-il donner à l'axe proximo-distal par rapport au plan horizontal de translation ?* On ne peut pas encore répondre à cette question.

La torsion est positive dans toutes les rémiges digitales de Goëland. Comme au niveau de l'origine des pennules, la face inférieure du tuyau est presque plate, j'enfonce une aiguille rectiligne parallélement à cette face, et je mesure l'angle que fait cette aiguille avec la corde de profil distale. Ces angles sont les suivants :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Torsion. . . .	3°	5°	9°	12°	14°	12°	8°	8°	8°	11°
Longueurs..	342 m/m	352	341	320	305	280	257	233	214	200
Courbures%	98 %	96	95	90	75	66	63	85	87	60

La macreuse donne un tableau tout différent :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Torsion...	16°	—5°	—7°	—10°	0°	—10°	3°	9°		12°5
longueurs.		165	166	167	162	155	146	139		127

La torsion totale d'une aile de macreuse en extension est de — 20° ; je signale ces torsions négatives sans pouvoir encore les expliquer.

L'analyse des torsions est bien incomplète dans ce mémoire ; il faudrait comparer les torsions et les flexions correspondantes chez les forts Rameurs et les grands Voiliers. Il est rationnel d'emprunter aux forts rameurs pour une aile battante ou rotative, aux voiliers pour les surfaces d'aéroplane.

Je retiens pour le moment ce fait important : la *rémige principale* chez Pigeon et Goëland a *une torsion fixe positive*. Ça, c'est un fait, je puis dire une loi inattaquable, tandis que mes trusquinages d'ailes desséchées sont, à la rigueur, passibles d'objections ; on pourrait me dire : vos mesures de déclinaisons sont plus ou moins influencées par la rigidité cadavérique. La rémige, elle, échappe à cette objection,

comme l'élytre des coléoptères, et l'une et l'autre ont la torsion positive.

Courbures des rémiges. — Lorsqu'on projette une rémige sur deux plans perpendiculaires entre eux, et passant par l'axe proximo-distal, le tuyau se projette suivant des lignes courbes sur les deux plans.

Le tableau suivant donne les courbures sur chaque plan, les distances relatives du sommet à la base, et ω l'angle que fait le grand axe du tuyau au raphé avec le plan horizontal :

	h / l	S A / l	h′ / l	S′ A′ / l	ω
I.....	75 ‰	à 47 %	40 ‰	à 40 %	80°
II. . ..	74 ‰	à 46 %	38 ‰	à 50 %	92°
III.....	68 ‰	à 47 %	41 ‰	à 40 %	96°
IV. ...	77 ‰	à 45 %	31 ‰	à 40 %	88°
V.....	66 ‰	à 47 %	42 ‰	à 47 %	90°
VI.....	61 ‰	à 48 %	37 ‰	à 50 %	90°
VII....	60 ‰	à 53 %	34	à 47	90°
VIII...	57	à 51	36	à 51	90°
IX....	50	à 48	39	à 48	90°
X.....	57	à 50	28	à 50	90°

En somme, tous ces tuyaux ont : 1° une concavité horizontale décroissante à partir du premier (de 75 ‰ à 50 ‰ ; 2° une concavité frontale sensiblement la même de 38 à 40 ‰.

Même observation pour les courbures digitales des animaux suivants; pour ceux-ci, j'ai mesuré simplement la distance maximum du tuyau à l'axe proximo-distal, et voici le rapport de cette distance à la longueur de cet axe.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Goëland ‰.	98‰	96	95	90	75	66	63	65	87	60
Poule.....	200	190	180	180	160	160	150	150	120	100
Dindon....	130	120	110	110	110	120	130	130	140	120
Grive.....	50	40	70	70	70	60	50	50	50	60
Moineau...	67	67	67	83	83	67	53	53	53	87

Les courbures des rémiges cubitales sont les suivantes :

Dindon....	110	120	120	130	130	130	120	110	100	100
Poule.....	130	150	130	140	140	150	130	150	130	140
Grive.....	110	110	100	100	80	70	60	60		
Moineau...	87	95	87	96	98	50	50	60		

Voici enfin, à titre de comparaison, les courbures des projections horizontales du bord antérieur total :

		$\frac{h}{l}$	$\frac{SO}{l}$
Pigeon.....		18 %	40 %
Grive.....		13 %	40 %
Goëland.....		20 %	36 %
Etourneau.....		18 %	44 %
Macreuse.....		18 %	52 %
Perdreau.....		17 %	48 %
Æschna...	aile ant..	14 %	80 %
	aile post.	12 %	83 %
Vespa.....	aile ant..	10 %	80 %
	aile post.	8,3 %	79 %
Acridium .	aile ant..	11 %	60 %
	aile post.	9 %	78 %
Cigale. ...	aile ant..	14 %	57 %
	aile post.	10 %	63 %
Lépidoptère	aile ant..	15 %	57 %
	aile post.	8 %	56 %
Volucelle.....		10 %	73 %
Lucane....	aile ant..	21 %	66 %
		25 %	25 %
	aile post.	13 %	61 %

On peut énoncer comme un fait constant dans la série animale que la courbure du bord antérieur de la main des oiseaux, de l'aile antérieure des Insectes, ne descend pas au-dessous de 7 %; elle est plus que le double chez les oiseaux lourds comme Poule, Dindon, et les Insectes à vol défectueux comme Cigale, Coléoptères, Lépidoptères.

Dans le bord antérieur des rémiges, le sommet de la courbe

est plus rapproché du proximum ; il est plus rapproché du distum chez les Insectes. Cette différence n'est pas radicale ; nous avons par exemple :

1° Le sommet plus rapproché du distum dans les premières rémiges de poule et de dindon.

2° L'aileron entier de la Macreuse a une courbure de 103 °/₀₀ et le sommet est à 58 °/₀ du proximum, comme chez la Cigale.

3° La rémige du pouce chez le Pigeon a une courbe de 160 °/₀₀ et le sommet est à 58 °/₀. Si l'on réunit par un trait continu les extrémités des rémiges digitales, on voit que l'extrémité de la main est plutôt sur la deuxième rémige, et dans ce cas, le sommet *s* se trouve porté beaucoup plus près du distum en *s'*.

4° Le bord antérieur total est, chez tous les animaux, une sinussoïde gauche à deux branches ; si la branche interne regarde par sa concavité en bas, la branche externe regarde en arrière. Pour bien comparer les courbures dans toutes les espèces, il faudrait joindre le centre [1] de rotation proximal au premier point d'inflexion, et celui-ci à la pointe distale ; déterminer ensuite les positions des sommets par rapport aux deux sécantes. J'ai trouvé plus simple de projeter le bord antérieur sur deux plans, l'axe proximo-distal, comme ligne de terre, et de considérer un sommet horizontal et un sommet frontal. Nous avons vu que le sommet horizontal est à 40 °/₀ chez Goëland, Etourneau, mais il est à 52 °/₀ chez la Macreuse ; chez le Perdreau, il y a toute une zone qui va de 48 °/₀ à 60 °/₀, où le bord antérieur est presque parallèle à l'axe. On pourrait dire que, chez tous les animaux en projection horizontale, le rayon de courbure du bord antérieur est plus petit dans la région distale que dans la proximale ; ce fait est d'autant plus accusé que l'animal a besoin de battements plus énergiques.

[1] Plus exactement point d'intersection du petit axe et du grand axe de la tête humérale chez les oiseaux.

Courbures frontales. — Nous avons vu que les courbures frontales des rémiges digitales étaient, chez le Pigeon, la moitié seulement des courbures horizontales (40 °/₀₀ pour I... 28 °/₀₀ pour X.) La courbure frontale des élytres de Coléoptères est considérable (120-150 °/₀₀) dans certaines élytres ; elle n'est plus que de 20 à 50 °/₀₀ : dans les ailes membraneuses, et le sommet est plus rapproché de la base ($\frac{so}{l}$ = 40 °/₀), comme dans les rémiges de Pigeon.

Si au lieu des rémiges digitales, nous étudions le bord antérieur total, nous avons les chiffres suivants :

	$\frac{h'}{l}$	$\frac{so}{l}$	
Goëland...	142 °/₀	50 °/₀	en moyenne
Pigeon....	29 —	84 —	—
Macreuse..	122 —	67 —	—
Perdreau..	90 —	56 à 70 °/₀	—
Etourneau.	28 —	40 à 70 —	—

J'ai donné une moyenne pour $\frac{so}{l}$: chez beaucoup d'espèces, il y a une zone assez étendue où le rapport $\frac{so}{l}$ présente de faibles variations. On n'a évidemment qu'une idée grossière de la courbe, si on se contente des ordonnées d'un seul point, du Sommet ; il y a tant de courbes différentes passant par ce sommet. La construction d'une courbe par points successifs est d'autant plus exacte, qu'on a repéré un plus grand nombre de points, et c'est ce que je fais dans la construction d'une aile artificielle pour une pale battante ou rotative.

J'ai donné ailleurs des détails plus précis et des épures sur les pales zooptères, sur les variations de concavité, de torsion, sur les hauteurs du Pic, du cintre [1]. Une fois bien renseignés

[1] Géométrie comparée des ailes rigides (Congrès de l'A. F. A. S, 1901). Hélice zooptère Acad. sc. et lettres, Montpellier 1907).

Etudes anémom. et dynamom. des hélices (*Aero-Revue*, Lyon, 1907. Acad. sc. et lettres, Montpellier, 1908).

sur la forme des ailes, nous pouvons mieux juger la valeur des déformations.

Flexion par charges variables. — J'encastre le tuyau d'une rémige dans une pince américaine, sur un tour de précision. Je puis prendre comme plans de coordonnées un plan horizontal et un plan vertical passant par la ligne des pointeaux. Prenons par exemple une rémige n° II de Dindon ; enfonçons-la de 2 centimètres dans la pince américaine ; soit (o) l'origine d'encastrement ; plaçons le grand axe de la section elliptique vertical, et un poids de 200 grammes suspendu par un fil au point M, tel que OM = 182 millimètres ; le tuyau s'abaisse et s'applique sur l'horizontale jusqu'au point OM' = 154 millimètres.

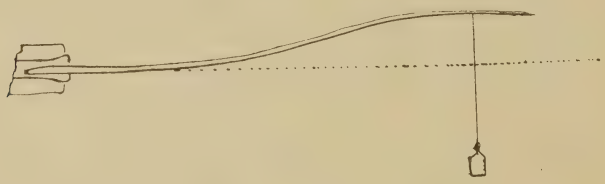


Fig. 2

Si on porte le poids plus loin de la base, on peut avoir la pointe de la rémige sur l'horizon de la ligne des pointeaux, mais le tuyau de plume est au-dessous de cette ligne.

Si je mets 80 gr. à 300 millimètres, j'ai une ligne ondulée caractérisée par une partie rectifiée de 70 millimètres, un point d'inflexion ($x = 235$. $z = 27$ millimètres) ; la pointe de la rémige est à 33 millimètres sur l'axe des pointeaux.

Avec un poids de 100 grammes à 262 millimètres, la pointe de la rémige est sur la ligne des pointeaux, et la partie rectifiée a 90 millimètres de longueur.

Pour produire une rectification de 157 millimètres sur une autre rémige, voici un tableau des poids nécessaires avec leurs distances (x) du point d'application à l'encastrement, et la hauteur (z) du distum au-dessus de l'horizon des pointeaux :

Poids	x	z
200 grammes	167	50 millimètres
170 »	189	40 »
150 »	197	35 »
126 »	219	2 »

Il n'*est pas possible d'obtenir une rectification complète* avec la pesanteur seule, c'est-à-dire *avec des forces parallèles ;* il faudrait des charges simultanées en divers points avec intensité et directions différentes [1]. Les courants aériens ont bien des intensités et directions variables, mais sans jamais produire une rectification complète ; le tuyau reste toujours ondulé. C'est là un phénomène bien différent de la flexion des poutres telle qu'elle est définie par les formules de Poncelet et Morin. Lorsqu'une poutre prismatique est encastrée par un bout, et que les fibres du bois sont bien parallèles, la poutre fléchit en décrivant une courbe continue ; tout se passe comme s'il y avait infinité d'axes de rotation parallèles dans le *plan des fibres neutres.* Sous l'influence de charges successives, la courbe de flexion change, mais non le plan de la courbe.

Dans la rémige, nous avons aussi une infinité d'axes de rotation, mais non parallèles. Quelle est la direction de ces axes dans chaque section normale au tuyau ? Au proximum, la section est une sorte d'ellipse ; c'est évidemment le grand axe qui est aussi celui de flexion ; c'est celui autour duquel la plume fléchit avec le minimum d'effort. Au distum, la section est quadrilatère ; nous pouvons avoir deux axes de flexion, perpendiculaires entre eux, parallèles aux côtés du quadrilatère. La combinaison de cette double rotation le long du tuyau équivaut à une rotation longitudinale.

Dans quel sens a lieu la rotation longitudinale ? On peut

[1] Il en faut au moins deux, une au proximum dirigée de bas en haut, l'autre au distum d'arrière en avant. C'est pourquoi la méthode du sable employée par la Lilienthal ne vaut rien pour étudier la flexion sur des surfaces gauches.

s'en rendre compte expérimentalement, en opérant sur une rémige encastrée dans la pince américaine; soit α la torsion positive de cette rémige. J'applique sur le tuyau, vers le quart distal une force à peu près normale à la surface des pennules à ce niveau; l'angle α varie peu, peut même être négatif; mais si la force fait un petit angle avec le plan distal, l'angle α augmente; comme cette dernière force est la plus efficace dans la rectification, dans l'extension du tuyau, je puis formuler cette proposition, que l'extension de la plume augmente l'angle positif de torsion.

Ce résultat est de même sens que celui de l'extension des os du squelette, autour des articulations de l'avant-bras et du carpe. *Le résultat des circumductions successives dans l'extension est de produire une torsion positive* [1].

Méthode de la balance. — Je rectifie la rémige sur une plaque bien plane, dans un plateau de balance; je la maintiens bien aplatie et rectiligne depuis l'origine des pennules jusqu'à la pointe distale; j'opère avec la main, par la pression des doigts, et je mets des poids appropriés sur l'autre plateau, jusqu'à ce que les plateaux soient en équilibre. Les poids indiquent la pression des doigts, et par suite l'effort nécessaire pour rectifier la rémige.

On peut, comme contre-épreuve, mettre directement des poids sur le dos de la rémige, jusqu'à aplatissement total. Le résultat obtenu n'a qu'un rapport grossier avec la physiologie du vol, mais il permet de comparer les résistances à la flexion des diverses rémiges. Voici, par exemple, quelques chiffres obtenus avec les rémiges des Pigeons :

I	II	III	IV	V	VI	VIII - IX - X
80 gr.	40	25	22,5	20	15	de 10 à 7,5

Il faut pour la première rémige un effort deux fois plus

[1] Comparaisons des organes du vol. Amans. *Annales de Zoologie*, 1885.

grand que pour la deuxième, dix fois celui de la dixième. Cet effort est à peu près le 35 % de l'effort total.

Ce résultat nous explique pourquoi une mutilation de la première rémige est autrement nuisible au vol qu'une mutilation des autres rémiges.

Méthode aérienne. — Pour étudier l'action de l'air lui-même sur une rémige ou sur l'aile, il y a trois cas à considérer : 1° on place la plume à une certaine déclinaison sur un moyeu, et on fait tourner le moyeu autour d'un axe de rotation ; 2° le moyeu tourne et s'avance, c'est le cas d'une hélice propulsive ; 3° le moyeu ne tourne pas, mais s'avance, c'est le cas des aéroplanes.

Je n'ai encore étudié que le premier cas ; voici quelques observations à ce sujet :

Lorsqu'on fait tourner sur place une rémige ou une pale élastique zooptère, ces organes agissent comme ventilateur ; ils donnent une rivière d'autant plus rapide que la vitesse de rotation est plus grande ; mais avec l'anémomètre, on reconnaît que cette augmentation de la vitesse de courant n'est nullement proportionnelle au nombre de tours. Il arrive un moment où celui-ci est trop grand ; la déformation de la pale est telle que les filets aériens ne sont plus parallèles à l'axe, mais dispersés en tous sens. Pour une pale élastique et une certaine déclinaison, il y a un nombre de tours à la seconde plus favorable que tout autre, où la vitesse du courant est maximum.

La photographie[1] montre les déformations d'une pale zooptère à différentes vitesses de rotation : à 630 tours, à 880. L'extension du bord antérieur est très nette ; l'axe proximo-distal est à 880 tours presque normal à l'axe de rotation : l'inclinaison sur l'équateur est à 0°. Si nous avions voulu une inclinaison supérieure, il fallait augmenter le calibre des nervures. Les déformations des nervures secondaires sont plus difficiles à observer par la photographie.

[1] Voir fig. 7 dans le mémoire *Mesures anémométriques et dynamométriques*.

La forme de la pale au repos n'est nullement celle du gabarit, et ceci est déjà un indice de construction vicieuse. Je rappelle le mode de construction : les nervures sont travaillées d'abord rectilignes, puis ramollies au bain-marie, et appliquées, séchées sur le gabarit. Je place ensuite les pales sur le moyeu à une certaine déclinaison (le trou du moyeu porte un cercle divisé ; je fais coïncider une encoche de la pale avec une des divisions), et je trusquine la pale depuis la base jusqu'à la pointe.

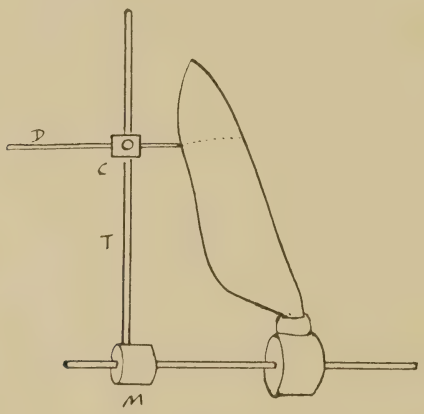


Fig. 3

Le trusquin est formé d'un moyeu M, d'une tige T graduée, et d'un curseur C, porte-pointe O. On monte le moyeu du trusquin et celui de l'hélice sur le même arbre d'essai, et avec la pointe du trusquin, chargée d'encre comme un porte-plume, on peut tracer sur la pale autant de points équidistants de l'axe de rotation. Le lieu de ces points à la distance r de l'axe est la trace sur la pale du cylindre de rayon r ; la corde de cette spire fait avec l'axe un angle, la *déclinaison*, que je mesure avec une équerre spéciale, munie d'un cercle divisé en degrés. Voici, par exemple, un tableau des déclinaisons δ en fonction du rayon, I en sortant du gabarit, avant d'avoir tourné, II après avoir tourné.

II APRÈS LA ROTATION			I AVANT LA ROTATION		
r	$\frac{r}{PL}$	δ	r	$\frac{r}{PL}$	δ
110m/m		12°	110m/m		12°
153 —	0,3	10°	160 —	0,30	10°
204 —	0,4	15°	210 —	0,42	13°
255 —	0,5	23°	258 —	0,52	30°
306 —	0,6	28°	310 —	0,63	24°
357 —	0,7	29°	350 —	0,71	16°
408 —	0,8	23°	392 —	0,8	20°
459 —	0,9	26°			

Les déclinaisons mesurées après la rotation sont permanentes ; je les retrouve après 600 et 900 tours. Il est possible qu'à 1,200 tours j'aurai une nouvelle déformation permanente, un peu différente du tableau II ci-dessus. La comparaison des deux tableaux montre que, vers le milieu de la pale, la déclinaison a diminué, et qu'elle a augmenté vers le distum. En même temps l'envergure 2 PL est passée de 97 centimètres à plus de 1 mètre.

N'est-il pas remarquable qu'une telle pale subisse, dans l'extension, une rotation longitudinale analogue à celle que nous avons signalée plus haut pour la rémige antérieure ? Tout se passe comme si, en empoignant des deux mains le bord postérieur de l'aile, vers le milieu de l'aile et au distum, d'une main on écarte ce bord de l'équateur, de l'autre on le rapproche ; on augmente ainsi la torsion positive. Très probablement en passant du repos à 600 et 900 tours, nous avons des déformations du même ordre. J'ai déjà fait remarquer qu'une telle déformation était précieuse en navigation aérienne ; lorsqu'on fait tourner l'hélice plus vite pour augmenter la vitesse de translation, on augmente l'extension et par suite la torsion positive, ce qui, par comparaison avec l'hélice géométrique, signifie une augmentation de pas, et c'est justement ce qu'il faut dans ce cas particulier ; nous avons là une adaptation automatique, impossible à réaliser avec une pale rigide, et même avec une pale élastique d'une autre forme.

J'ai dit plus haut que la construction était vicieuse, parce que la pale, après avoir longtemps travaillé à 900 tours, n'avait pas repris la forme qu'elle avait à l'état vierge, en sortant du gabarit. Cela provient sans doute de ce que le calibre de mes nervures n'était pas suffisant pour résister à une rotation de 900 tours, et que la limite d'élasticité a été dépassée. J'avais adopté pour la première nervure par exemple le rapport 3 °/₀ (3 étant le diamètre de la nervure au niveau d'encastrement ; 100 la longueur de l'axe proximo-distal), chiffre moyen dans les ailes animales ; mais mes nervures étaient en micocoulier, et celui-ci est inférieur comme force et souplesse à la substance animale. Ce rapport 3 °/₀ s'est trouvé plus convenable pour des palettes type Goëland, parce qu'ici l'inclinaison de l'axe proximo-distal est bien plus grande, et par suite, cet axe était bien plus long que pour une palette Perdrix de même envergure.

L'étude de la flexion par la balance nous montre que les forces nécessaires pour rectifier la partie emplumée de deux rémiges antérieures de même rang, dans des espèces voisines, mais de tailles différentes, sont sensiblement proportionnelles aux cubes des diamètres des tuyaux, à l'origine des pennules, ou encore aux longueurs des tuyaux. Ce résultat se rapproche du rapport de Harting $\frac{\sqrt[2]{S}}{\sqrt[3]{P}} = K$, où S est la surface totale des ailes, P le poids de l'oiseau. Dans quinze espèces d'oiseaux différentes, Harting a trouvé un rapport variant de 1,69 à 2,82. Ce rapport peut s'écrire autrement. Ainsi S peut s'écrire $2\,cL^2$ (c étant un coefficient variant de 0,23 chez Pigeon, à 0,33 et davantage chez Perdrix et autres espèces). On a :

$$P = \frac{(2\,c)^{\frac{3}{2}}}{k^3} L^3 \quad \begin{pmatrix} P \text{ en grammes} \\ L \text{ en centimètres} \end{pmatrix}$$

Le coefficient de L^3 peut varier de 0,01 à 0,10 [1].

[1] Je dois dire cependant que par des mesures personnelles je ne trouve pas de valeurs supérieures à 0,024 ; elles sont plutôt voisines de 0,003 chez les grands voiliers.

Ai-je le droit d'utiliser cette formule dans la construction d'une hélice zooptère ? Oui, si je m'écarte peu en pratique des coefficients susdits. Prenons un exemple pour montrer l'application de toutes les données expérimentales.

« Votre type de Goëland [1] nous plaît, me dit un constructeur; nous voudrions deux hélices de ce type de 2 mètres au moins d'envergure, ayant chacune 10 HP sur l'arbre ». Ce problème est-il posé conformément aux données de mécanique animale ? Quel est le nombre de tours à la minute convenable ? Quelle est l'inclinaison de l'axe proximo-distal, la valeur de L? Quel est le nombre de nervures, le calibre de chacune d'elles ? Quelle est la déclinaison basilaire ? Quelle est la valeur de l'angle positif de torsion ?

Si l'hélice était géométrique, on aurait à se demander quel est le nombre de tours, quelle est la vitesse probable de translation, et par suite le pas le plus convenable ? Mais qu'il s'agisse d'une hélice pure ou d'une zooptère, il faudra des tâtonnements pour trouver le pas ou la déclinaison la plus convenable ; car nous ignorons la valeur réelle de la résistance à l'avancement, sur les haubans, le châssis, le moteur, et les surfaces de sustentation et de direction. Dans l'un et l'autre cas, on se base uniquement sur des essais de tirage faits au point fixe, et on ignore ce qui va se passer en course libre.

Les essais au point fixe sont certainement très instructifs ; on peut en déduire des formules empiriques, donnant la poussée et le travail en fonction du nombre de tours et du diamètre ; mais ces formules ne nous donnent pas les modifications apportées par le mouvement de translation, encore moins le rendement de l'hélice, comme certains ont essayé de le calculer.

Le petit modèle de Goëland avait une longueur d'aile L = 25 centimètres, et une envergure d, de 42 centimètres.

[1] Les données du Goëland se trouvent dans les *Etudes* anémométriques et dynamométriques. Une partie seulement de ces études a été publiée dans l'*Aéro-Revue* de Lyon en 1907.

A 25 $t/^s$ il tirait 800 grammes environ, avec une dépense de 4 kgm. sur l'arbre, ce qui correspondait à peu près aux formules :

$$A = 0{,}0212\ n^2\ D^4 \quad \text{pour une pale}$$
$$T = 0{,}0119\ n^3\ D^5 \quad —$$
$$H = 10\ D^{2/3}\ Y^{2/3} \quad \text{pour les deux pales}^1.$$

Pour que la formule animale $P = Kl^3$ donne 800 grammes, il faudrait $K = 0{,}05$; le Goëland en chair et en os jouit du coefficient 0,01. Mon Goëland en micocoulier et papier s'est bien comporté avec un coefficient cinq fois plus fort, c'est-à-dire $2\ A = 0{,}05\ L^3$. Cette même formule pour une pale cinq fois plus longue donnerait $2\ A = 100$ kilogr. ; l'expérience seule montrera si on a le droit de construire des solides rigoureusement semblables. Ce qui nous rassure cependant sur la solidité de la pale demandée, c'est que la formule

$$H = 10\ D^{2/3}\ Y^{2/3}$$

donne seulement 78 kilogr., c'est-à-dire 39 kilogr. par pale, au lieu des 50.

L'expérience montrera encore : 1° si le rapport 0,03 L est suffisant pour le calibre d'encastrement de la nervure maîtresse; 2° s'il ne vaudrait pas mieux mettre 10 nervures au lieu de 5 ; 3° quelle est la déclinaison la plus convenable. Les tâtonnements seront moins longs pour la déclinaison que pour le pas d'une hélice géométrique, car le manche de la pale est mobile sur le moyeu, et peut, par rapport à l'équateur, prendre telle déclinaison qu'on voudra. Le nombre de nervures

[1] Dans ces formules n désigne le nombre de tours à la seconde.
D envergure.
A force de traction sur une pale en kilog.
H id. id. sur deux pales.
T travail en kilogrammètres.
Y travail en chevaux-vapeur.

est une question de perfectionnement plus lointain; car le squelette peut être suffisamment renforcé par des traverses en laiton raide ou en acier; même observation pour le degré de torsion : il est de 19° dans le petit modèle, et nous en attendons de bons résultats, ainsi que des courbures de section de profil.

En résumé, l'étude des flexions dans les pales animales et dans les ailes artificielles, concurremment à l'étude des formes géométriques, des formules de traction et de travail, nous donne une base précieuse pour tracer une épure d'hélice aérienne; le nombre des tâtonnements est considérablement réduit. Il le serait bien davantage si notre étude avait porté en outre sur les carènes et surfaces zooptères de sustentation en marche de translation; les aéroplanes actuels ne peuvent guère nous renseigner à ce sujet, car on ignore le travail exact du moteur; il faudrait en outre donner aux surfaces de sustentation une forme plus animale, avec gauchissement, aileron et courbures de profil convenable. Force encore nous sera de procéder avec de petits modèles, glissant dans l'air calme, ou placés sur une balance spéciale, dans une rivière d'air artificielle, de vitesse et intensité réglables.

Etudes anémométriques et dynamométriques des Hélices aériennes

Par le Docteur AMANS

Dans les Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres (t. III, fasc. 7), j'ai exposé la méthode anémométrique, et j'en ai fait l'application à une hélice animale de 60 centimètres d'envergure. Les caractères essentiels des pales animales ont été décrits dans l'article intitulé *Hélices zooptères* et dans celui qui traite des flexions et courbures. Si on ajoute à ces articles mon travail de 1901 sur la Géométrie comparée des ailes rigides et celui, plus ancien, de 1891 sur les Perfectionnements des hélices propulsives (Congrès de l'A.F.A.S.), on aura à peu près toute la littérature scientifique sur les hélices zooptères.

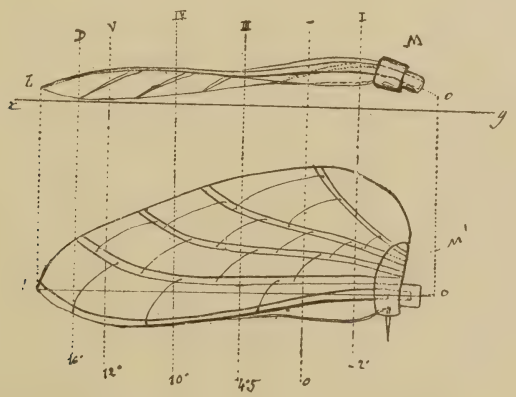


Fig. 1

Dans le présent mémoire, j'étudierai le souffle et la traction dans une série de pales de différentes formes et envergures.

Je prendrai d'abord comme exemples les types Vespa, Perdrix, et l'hélice géométrique, que j'appellerai simplement Escalier. L'épure de Perdrix est faite d'après nature ; cependant la disposition des nervures est un peu différente de celle des rémiges. L'épure de Vespa [1] n'a de commun avec l'épure naturelle que la projection horizontale du bord antérieur.

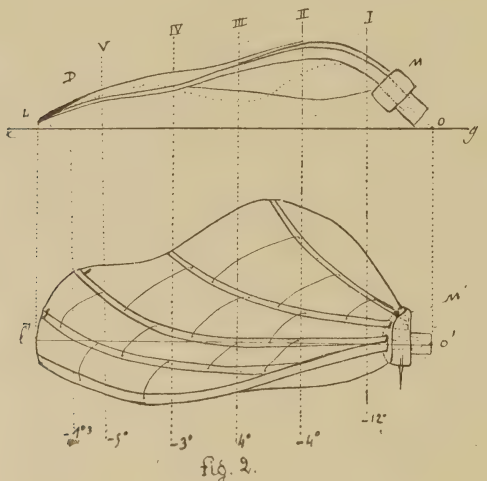


fig. 2.

La figure 2 est une épure de Perdrix, palette et manche (*m m'*) compris ; *a b* est la tige du manche ; c'est par la tige cylindrique *a b* que la palette s'implante sur le moyeu. Dans toutes ces expériences, l'axe de cette tige rencontre l'axe du moyeu (*o c'*) ; c'est ici le point (*o o'*) qui est le point de rencontre. L'index (*l l'*) est une flèche métallique implantée sur le manche perpendiculairement à l'axe du manche. La pointe de l'index se met sur 1/4 de cercle gradué en degrés, dont le plan est perpendiculaire à la tige du manche.

[1] Dans mes épures de palette animale, je m'inspire de tel ou tel caractère géométrique, sans les copier tous servilement ; il en est du reste qui sont livrés à mon intuition, et jusqu'à un certain point à mon libre choix, la torsion positive par exemple.

La figure 3 est une épure d'escalier ; c'est une hélice géométrique de 40 centimètres de diamètre et d'un pas de 15 centimètres. La fraction de pas est de 7 % du pas total. Sur la projection horizontale, j'ai tracé les contours de Vespa, Perdrix, et en outre, d'une aile de moulin à vent, celle qui avait

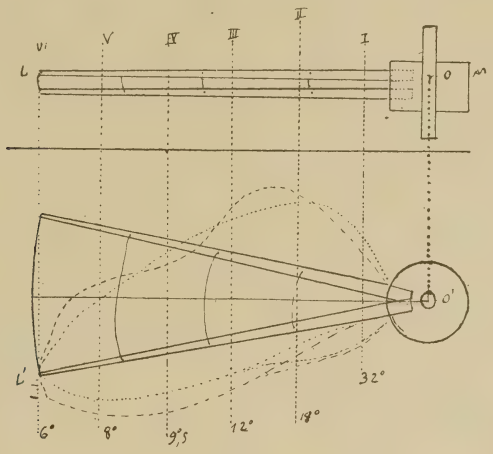


FIG. 3

donné à Smeaton les meilleurs résultats. Le gauchissement de cette palette convient à un moulin à vent, mais non à un propulseur ; j'ai voulu justement montrer les différences de torsion entre une aile active et une aile passive. Suivant en cela l'exemple de Smeaton, j'ai coupé l'aile en 6 parties égales par des plans de profil (1, 2, 3, 4, 5, 6, *fig.* 1 *et* 2).

Les palettes Smeaton et Escalier ont à peu près même angle de poussée dans la région distale de 6 à 7°, mais jusqu'au 2/3 de l'aile la torsion est bien moindre chez Smeaton ; la torsion est négative (7°—19° = —12°), (6°—32°=—26°). dans les deux palettes rigides ; elle est positive (16°—2° = + 14° (1°—12°) = + 11°) dans les deux zooptères. Comme celles-ci sont élastiques, une violente poussée peut les déformer, nous verrons plus loin de quelle façon [1]. L'élasticité de

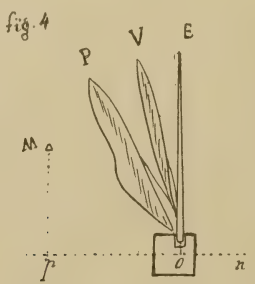
[1] J'ai déjà traité cette question dans le chapitre précédent *Sur les flexions et courbures des ailes.*

mes palettes est celle du micocoulier, bois très élastique, très nerveux, avec lequel j'ai fait mes nervures ; des fils d'acier et de laiton raide arciformes relient ces nervures et complètent le squelette élastique.

Toutes ces palettes ont même longueur d'axe proximo-distal 0,4 (04 = 200 $^{m}/^{m}$) et une superficie peu différente ; l'Escalier a moins de superficie que Perdrix, mais je n'ai pas eu de meilleurs résultats, en augmentant sa surface ; d'un autre côté, elle a, conformément aux goûts des mathématiciens, son maximum de surface dans la région distale, tandis que c'est l'inverse dans les palettes animales. Parmi celles-ci, j'ai expérimenté une Mantis qui avait moins de superficie que l'Escalier et se comportait aussi bien que Vespa.

En résumé, pour comparer des palettes de différentes formes, il faut leur donner même envergure et choisir dans chaque type les largeurs, torsions et positions sur le moyeu les plus convenables.

Dans mes constructions, l'axe du manche rencontre toujours l'axe de rotation du moyeu, mais à des angles différents, si cela me plaît. J'appellerai *plan des axes* le plan de ces deux axes, (*E o a*, fig. 4).



La figure 4 représente les palettes Escalier, Vespa, Perdrix montées sur un moyeu cylindrique, dont le rayon est le 1/10 en longueur du rayon *o L*, proximo-distal de la palette. Le plan *o E*, perpendiculaire à l'axe de rotation *o a*, est le plan de

l'équateur ; oE est l'axe du manche ; 1/4 de cercle gradué par 5° est à la base du manche sur le moyeu ; l'index est amené à l'angle voulu, et le manche est fixé dans cette position par des vis de pression. Je propose d'appeler : 1° *Déclinaison*, l'angle que fait l'index avec le plan passant par l'axe du manche, perpendiculairement au plan des axes. Lorsque l'axe du manche est perpendiculaire à l'axe de rotation, la Déclinaison est l'angle de l'index avec le plan de l'Equateur. Une fois l'hélice en place, si on trusquine la pale à différentes distances de l'axe de rotation, on peut tracer par points successifs une série de spires cylindriques ; la corde qui joint les points d'entrée et de sortie, autrement dit la *sécante de la spire*, fait avec l'équateur des angles que j'appelle aussi déclinaisons.

2° *Inclinaison*, l'angle du rayon proximo-distal avec l'équateur (angles EoV, EoP, fig. 4).

En vertu de ces définitions, l'appareil décrit à l'article Hélice zooptère devrait s'appeler *Déclinateur*, on réserverait le terme d'*Inclinateur* pour l'appareil qui agirait sur l'inclinaison. On peut concevoir un appareil qui agirait à la fois sur les deux angles, mais l'emploi d'une hélice ne réclame pas tant de complications.

Pour une même palette, l'inclinaison varie avec la déclinaison : c'est un problème de géométrie descriptive facile à résoudre. La distinction de ces deux angles me paraît indispensable à l'étude des hélices aériennes ; on dira *grosso modo* qu'une hélice a une forte inclinaison et une faible déclinaison, l'Hélice géométrique figure 2 a une inclinaison de 0° et une déclinaison de 32°. Pour faire varier la déclinaison dans l'hélice géométrique, il faut se servir de palettes mobiles avec manche et index. Dans la routine aéronautique, on prend toujours 0° pour l'inclinaison ; mais dans la marine, les Thornicroft, les Yarrow, plus récemment Gambin dans son autocanot le *Typhonoïde*, etc..., ont apprécié l'importance de l'inclinaison. En 1890, nous avons expérimenté dans un canal de Cette deux hélices marines de même envergure : l'une à

forte inclinaison, du type Thornicroft, l'autre basée sur la sphère [1] et à gros bout avant; c'est sur mes indications que le fondeur avait fait les sections de profil, à gros bout avant, la première fois probablement dans la construction d'une hélice aquatique; quant à l'application de ce principe à l'hélice aérienne, *j'en revendique nettement la priorité d'emploi.* Les hélices étaient montées en arrière d'un bateau à vapeur, dont on notait la pression; on chronométrait le chemin parcouru. Les deux hélices n'ont pas présenté de différences sensibles pour la vitesse de propulsion, mais le travail proprement dit n'a pas été rigoureusement mesuré. Je mentionnerai seulement un phénomène assez curieux et qui prouvait la justesse de mes critiques contre la forme sphérique. Des bouteilles d'extrait de Saturne (c'était moins cher que le Pernod) étaient jetées à l'arrière du bateau : *La Thornycroft* formait une rivière laiteuse à filets sensiblement parallèles à l'axe; la sphérique donnait des copeaux blancs, disposés en spirale cylindrique, parallèle à l'axe : le parallélisme est une qualité, mais le mouvement spiral est un défaut.

Les premières rotations de palettes ont été faites avec un tour à pédale, et un métronome pour donner la mesure au pied moteur. Je me suis servi concurremment d'un fort mouvement d'horlogerie : l'arbre moteur portait un contrepoids variant de 30 à 60 kilogr. Le train d'engrenage est formé de trois arbres; le troisième est lié à un quatrième arbre par une courroie; c'est le quatrième arbre qui porte le moyeu. Pour une certaine tension de la courroie, on peut mesurer au frein le travail transmis au moyeu, ainsi que le nombre de tours pendant une chute du contrepoids, de hauteur mesurée d'une façon précise. Cet appareil convient à des palettes de 30 à 40 centimètres d'envergure, ne dépassant guère 1.200 tours par minute.

[1] Le promoteur de cette idée, M. Baron, avait tenu absolument à l'expérimenter, contrairement à mon avis : je lui proposais une épure de surface concave mais d'une autre nature que la sphère. Assistaient à ces expériences M. Crova, professeur à la Faculté des Sciences, et M. Paul, ingénieur à Cette.

Pour des hélices de 1 m. 50 à 2 mètres d'envergure, je montais directement un contrepoids sur l'arbre du moyeu, et je plaçais le tout au-dessus d'un puits de 10 mètres de profondeur. L'arbre du moyeu roulait sur deux couronnes de billes. Ce système est bon pour la mesure du travail, mais à de faibles vitesses.

Au pied ou au contrepoids, j'obtenais une rivière aérienne, dans laquelle je prenais des mesures anémométriques ; j'ai déjà décrit les anémomètres de vitesse et de pression dont je me sers.

Pour mesurer les efforts de tirage, je montais les palettes sur un petit moteur électrique de $^1/_{12}$ HP environ, et celui-ci sur un petit véhicule très roulant, retenu par un petit ressort à boudin. Le rendement du moteur varie avec le nombre de tours ; il faut donc mesurer au frein le travail réel correspondant à chaque nombre de tours.

Dans les tableaux qui suivent, x est la distance en centimètres du centre du moulinet au plan de l'équateur (op, fig. 4). Y est la distance du centre du moulinet à l'axe de rotation (Mp, fig. 4) ; v est la vitesse en mètres à la seconde, mesurée soit avec le moulinet de Richard (R) qui a 9 centimètres d'envergure, soit avec un moulinet Amans de 25 millimètres d'envergure (A) [1].

L'inclinaison est mesurée directement sur l'hélice en place, et non d'après l'épure ; les deux mesures ne seraient pas identiques, car après dessiccation, les nervures ne gardent pas rigoureusement la forme du gabarit.

[1] A l'Aérodrome du génie italien, on se sert d'un anémomètre différentiel permettant d'analyser des filets aériens d'un calibre beaucoup plus petit.

Nous sommes redevables au capitaine Saconney de renseignements très intéressants sur les appareils et méthodes de l'Aérodrome italien. (Voir *Revue du Génie* 1907). Les officiers italiens ont pris seulement comme exemple une pale Wellner ; c'est trop peu, pour établir une comparaison avec mes propres mesures.

I. — Mesure des vitesses

Vespa

ENVERGURE	INCLINAISON	DÉCLINAISON	X	Y	Nombre de tours	V (B)	V (A)
400 mm	15°	15°	16	10	1100	7,25	
		id.	75	10	1200	7,2	
	Le manche		11	id.	id.	7,7	
	est normal à		18	id.	id.	8	
	l'axe		19			7,9	
	de rotation		20	id.		7,7	
		20°	18			8,8	
		12°	18	0	1760	10,7	7,1
				5	id.	11,3	11,1
				10	id.	13,4	15
				15	id.		8,7
				20	id.	3,9	
				10	1200	7,5	
350 mm	30°	15	18	8		8	
		18°				8,6	

II. — Perdrix

ENVERGURE	INCLINAISON	DÉCLINAISON	X	Y	Nombre de tours	V (B)	V (A)
400	0°	15°	20	10	1200	7	8,68
		20°	id.	id.	id.	8,3	
	Le manche		18	0	id.	8	
	est en avant			9		8,8	
	de l'équateur			14,5		5,8	
380	25°	15°	18	8	1200	9	
				8,7	id.	8,6	
	Le manche			14,5	id.	7,5	
	est normal à						
	l'axe	18°	18	0	1600		5,19
	de rotation			5	id.		11
				8	id.		13,09
				9	id.		14,6
				9 1/2	id.		15,23
				11	id.		14,6
				13	id.		14,6
				15	id.		11,1
				18	id.		3,57
				19	id.		0

En montant la Perdrix sur un moyeu de 50 millimètres de

diamètre, nous pouvons avoir une envergure de 40 centimètres, tout en laissant le manche normal à l'axe de rotation. Ce sera le cas de la table.

III. — **Hélice géométrique ou Escalier**

INCLINAISON	DÉCLINAISON DISTALE	X	Y	NOMBRE DE TOURS	V (R)	V (A)
0°	20°	10	0	1800	4,9	4,7
			5		8,5	7,9
			10			10
			13		9,4	13
			15		8,5	11
			17			7,95
			18		6,6	
			19			0

Remarques. — 1° Le plan des vitesses maxima, ce que j'avais dénommé la zone d'étranglement, se trouve plus rapprochée de l'origine des coordonnées dans la rivière d'escalier que dans celle des zooptères. Cette distance est presque la moitié de l'envergure chez celles-ci, le quart seulement chez celle-là. La différence cependant serait moins grande, si chez les zooptères on comptait les x à partir du cercle distal de l'hélice, c'est-à-dire du plan perpendiculaire à l'axe et passant par les pointes de la palette.

C'est ainsi que chez la Perdrix, avec une envergure de 380 millimètres et une inclinaison de 25°, le plan distal est à 86 millimètres du plan central, si bien que l'x de l'étranglement serait $180 - 86 = 94$, c'est-à-dire sensiblement le 1/4 de l'envergure.

2° La vitesse maximum est plus rapprochée de l'axe chez les zooptères, et on pouvait s'y attendre, le maximum de largeur étant au 1/3 basilaire chez celles-ci. Une autre cause est la courbure frontale. Ce phénomène peut ainsi s'énoncer :

Les points de vitesse maximum sont à une distance de l'axe de rotation égale au 1/4 de l'envergure dans les zooptères, au 1/3 dans l'hélice géométrique

3° Ce maximum est bien plus élevé chez les zooptères, ainsi que le montre la figure 5, donnant : P la courbe des vitesses dans Perdrix à 1.600 tours, et E Escalier à 1.800 ; les ordonnées représentent les vitesses à la seconde (réduction $^{3}/_{100}$ et les abscisses les distances de chaque point à l'axe de rotation (réduction 2/10).

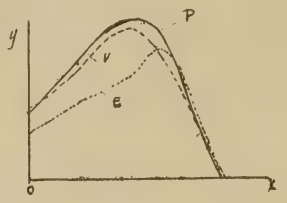


Fig. 5

Le torrent de la Perdrix est plus violent que celui de l'hélice géométrique et cependant elle tourne moins vite. Est-il téméraire de prévoir que l'une tirera plus fort que l'autre ?

4° La comparaison des mesures de vitesses fait donner la préférence à mon petit anémomètre. Un tourniquet de 25 millimètres d'envergure donne des mesures plus rationnelles qu'un tourniquet de 90 millimètres, comme celui de Richard ; elles seraient encore plus rapprochées de la vérité, avec un tourniquet plus petit.

5° La déclinaison distale donnant le plus fort courant est supérieure à 30° chez zooptères ; la déclinaison distale de 7° est, dans l'hélice géométrique, inférieure à celle de 20°

J'ai construit des palettes escalier de plusieurs façons, soit avec des baguettes perpendiculaires à l'axe de rotation fixées sur le moyeu d'une façon inamovible comme épure fig. 2, soit avec une seule baguette fixée sur un manche mobile (E_2 *fig.* 8) et des traverses perpendiculaires à la baguette. Cette baguette est dans ce cas analogue au *fouet* d'une aile de moulin à vent, mais les traverses sont courbées sur un gabarit ayant la forme d'une hélice géométrique.

La mobilité du manche m'a permis de faire varier la décli-

naison distale ; il me fallait pousser celle-ci jusqu'à 20° pour obtenir les 13 mètres à la seconde, le maximum obtenu par le système à baguettes rigides. J'ai tâché de faire ces palettes le plus rigides possible, mais il y a toujours une certaine flexion dans la région distale. La différence de charpente donne sans doute des différences d'élasticité qui nécessitent des déclinaisons différentes. C'est pour tenir compte de l'élasticité que certains constructeurs d'hélice marine donnent une déclinaison plus forte que la déclinaison théorique, et que même, à une époque, on faisait un manche mobile (système Griffith).

6° Si on fait tourner une palette Smeaton, on a les chiffres suivants :

Déclinaison	x	y	Nombre de tours	V (A)
18°	16	10	1.200	$3^{m}86$
23°	16	10	1.030	4,5
25°5	16	10	960	4,76

A l'état passif, c'est-à-dire lorsque la palette est sur un moulin à vent, la meilleure déclinaison basilaire est 18° [1] ; à l'état actif, c'est-à-dire dans le rôle de ventilateur, le meilleur angle est voisin de 25°

7° Si on compare la vitesse maximum du courant à la vitesse de rotation, on voit que chez les zooptères elle est voisine de la vitesse correspondant au milieu de la palette ou, si l'on veut, la moitié de la vitesse périphérique ; elle ne dépasse guère le 1/3 dans l'escalier.

Prenons, par exemple, une zooptère de 40 centimètres d'envergure, tournant à 30 tours à la seconde. Sa vitesse maximum serait *grosso modo* : 1/2 (π 0,4 $\times$ 30) = 18 m. 75 ; celle de l'hélice géométrique un peu supérieure au 1/3 = 13 mètres [2].

[1] On se sert en général de 4 palettes. D'après les recherches récentes de la station d'Ascoo (Iütland) en Danemark, ce chiffre 4 est le meilleur. En aéronautique, pour des palettes actives, le chiffre 2 semble être le plus convenable.

[2] Ce n'est qu'une évaluation approximative ; cette vitesse maximum n'est pas exactement proportionnelle à la vitesse de rotation.

8° Les tableaux de Vespa et Perdrix montrent autant de souffle avec une forte inclinaison qu'avec une faible. Si on implante une paire de palettes à une forte inclinaison, on diminue l'envergure en proportion du cosinus de cet angle ; la rivière est plus étroite, mais si elle est aussi énergique qu'une plus large, il peut y avoir un double avantage à l'utiliser : moins d'encombrement, et probablement facilité plus grande de pénétration en course libre. Je reviendrai plus loin sur cette question.

IV. — Travaux comparés de Perdrix et Escalier pour une vitesse maximum sensiblement égale

Je me suis servi d'un train d'engrenage, mû par un contrepoids ; le troisième arbre est relié au porte-palette au moyen d'une courroie. La mesure du travail est toujours une opération délicate, particulièrement quand il s'agit d'un train mixte d'engrenages et courroies, mû par la pesanteur. Lorsqu'on enlève les palettes du moyeu, le contrepoids descend d'un mouvement accéléré, au risque de casser les dents, non calculées pour cette allure. Si le mouvement était uniformément accéléré, on pourrait se servir des lois de la pesanteur, comme a fait Coulomb en 1781, pour étudier les phénomènes de frottement. On pourrait encore introduire un régulateur dans le train d'engrenages, de manière à ce que le mouvement reste uniforme, même après avoir enlevé les palettes ; on remplace les palettes par un frein, dont les indications me donnent le travail cherché. Je reviendrai plus tard sur ces recherches ; pour donner des chiffres bien exacts, il faudrait supprimer les courroies dans ce train d'engrenages.

Mais à défaut de valeurs absolues, on peut donner les rapports des travaux qui, pour un même contrepoids, sont sensiblement en rapport inverse du nombre de tours à la

seconde. Ils figurent dans la dernière colonne du tableau suivant, où P signifie Perdrix, et E, Escalier :

	VITESSE maximum	TOURS à la seconde	CONTREPOIDS en kilog.	RAPPORT des TRAVAUX
P	4m7	12,64		
E	4,4	16,6	33 k. 960	$\frac{1}{1,31}$
P	5,5	15		
E	5,6	20,45	44,160	$\frac{1}{1,36}$
P	6,6	17,4		
E	6,7	24	53,760	$\frac{1}{1,38}$

On peut conclure de ce tableau qu'à souffle égal la palette animale dépense moins que l'hélice géométrique.

V.— Travail d'une hélice à deux palettes Vespa, de 1m. 60 d'envergure

Cette palette est semblable à la palette déjà étudiée ; seulement, elle a quatre fois plus d'envergure. Le moyeu est monté sur une extrémité de l'arbre ; l'autre extrémité porte un treuil sur lequel s'enroule une corde métallique. Un contrepoids fait tourner l'hélice. La hauteur de chute est de 10 mètres; on chronomètre la durée de chute, et on en déduit le nombre de tours à la seconde, et par suite le travail en kilogrammètres.

En faisant varier la déclinaison et le contrepoids, on obtient le tableau suivant :

CONTREPOIDS	DÉCLINAISON	DURÉE DE CHUTE	Tours à la seconde N	Travail en kgm. T
3 k.	10°	9"	2,44	3,3
	15°	10"4	2,1	2,87
	20°	11"5	1,9	2,6
	30°	13"	1,7	2,3
9 k.	20°	7"	3,1	12,7
11 k. 500	10°	5"	4,4	23
	15°	6"	3,8	18
20 k. 500	15°	4"6	4,8	43
	30°	5"4	4	37,9

La valeur absolue du travail est moindre que celle indiquée dans le tableau ; celle-ci comprend en outre : 1° le travail de frottement dû au contrepoids ; 2° le travail de frottement dû à la poussée aérienne. Il reste néanmoins pour le travail de ces palettes un chiffre plus élevé qu'en opérant sur de petites pales.

Il est fort possible que les chiffres élevés du tableau ci-dessus proviennent d'une trop grande rigidité, eu égard à la faible vitesse de rotation ; je destinais cette hélice de 1 m. 60 à un aéro-car, et j'avais proportionné le calibre des nervures à une poussée probable de 30 kilogr.

VI. — Anémomètre de pression

Je place dans la rivière un disque plan de 400 $^{m}/^{m}$ de diamètre, à différentes distances du plan de l'équateur ; je prends comme exemples la Vespa et l'Escalier. La colonne des x est celle des distances du disque à l'équateur.

PALETTE	AMPÈRES	VOLTS	TOURS	X	PRESSION
E	1 A 1	110	1900	10 cm.	320 gr.
				14 »	300 »
				20 »	220 »
V	1 A 6	110	1660	11 »	630 »
				15 »	600 »
20° déclin.				20 »	420 »

La Perdrix donne aussi des poussées de 540 à 620 gr. avec le même moteur électrique. Le même moteur monté sur tricycle va nous donner les valeurs propulsives, mesurées par un dynamomètre à ressort.

VII

Nature de la palette	ENVERGURE	DÉCLINAISON BASILAIRE	VOLTS	AMPÈRES	TOURS	TRACTION
E	400 m/m		67,5	1	1400	100 gr.
			86	1,2	1800	150 »
			110	1,5	2300	350 »
V	350 m/m	12°	110	1,65	1900	462 »
		20°	110	1,8	1800	458 »
	400 m/m	10°	id.	1,6	1940	525 »
		12°	75	1,6	1200	150 »
			110	1,7	1800	550 »
P	320 m/m	12°	110	1,65	1800	500 »
	380 m/m	10°	id.	id.	1740	550 »
		18°	110	1,8	1500	550 »

Remarques. — Il manque une colonne très intéressante dans ce tableau, celle des travaux ; mais nous avons les poussées en fonction du nombre de tours, ce qui nous permet de calculer K dans la formule $A = K n^2 r^4$, dans laquelle A, désigne en kilogr. la poussée sur une seule palette, n le nombre de tours à la seconde, et r le rayon, c'est-à-dire la moitié de l'envergure. On trouve alors, pour K, des chiffres très variables suivant la nature de la palette, et pour une même palette suivant la déclinaison ; il faut tenir compte que la palette animale est flexible, et que r augmente avec le nombre de tours ; mais même avec cette réserve on voit que K est plus élevé pour les palettes zooptères que pour les hélices géométriques rigides, à nervures droites.

Tous ces tableaux ont déjà paru dans l'*Aéro-Revue* de Lyon (n° 12, 1907). Leur examen laissait prévoir une supériorité des zooptères sur l'hélice pure, dans les essais au point fixe ; l'indice de cette supériorité réside dans le rapport $\frac{A}{T}$ (A, force de traction sur une pale ; T, travail de rotation pour une pale). Dans mes tables de 1891, j'ai donné un rapport analogue, ce que j'appelais *indice de propulsion*. Le tableau VII donne les valeurs de A en fonction de n, le

nombre de tours à la seconde. On voit que, pour une même déclinaison et des n différents, les forces de traction croissent plus vite que les carrés des n, surtout avec les zooptères où l'envergure augmente avec le nombre de tours. La formule simpliste $A = K\, n^2\, d^4$ (d, envergure) est d'un emploi commode dans les applications ; mais il faudra se méfier de K.

Les observations qui suivent sont inédites ; elles portent sur des palettes déjà étudiées et sur des pales nouvelles de différentes formes et envergures.

Goëland. — La fig. 6 est une épure de Goëland avec indication des angles formés par les cordes de profil avec l'Horizon. Il ne faut pas confondre ces angles avec les déclinaisons des sections cylindriques, quand la pale est en place sur le moyeu ; ces déclinaisons varient avec la position du

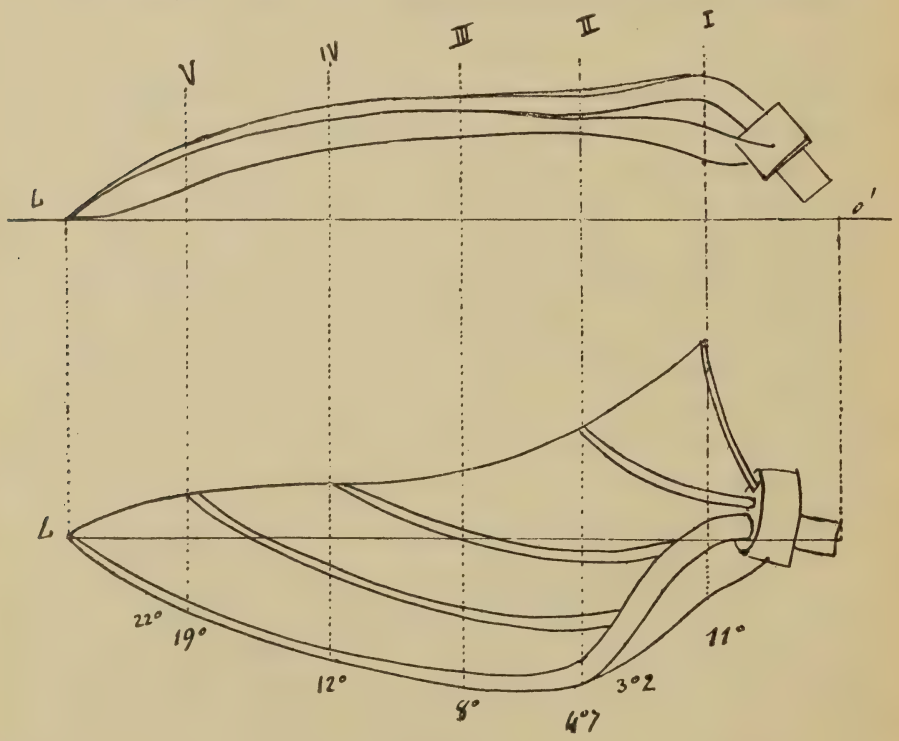


Fig. 6

manche ; il faudrait chaque fois se servir du trusquin et du goniomètre pour connaître les déclinaisons nouvelles. Les choix *des plans d'horizon, de front et de profil* sont purement arbitraires, et servent principalement à la construction d'un gabarit, sur lequel on appliquera les nervures au sortir du bain-marie. Qu'il s'agisse du gabarit ou de la pale en place sur son moyeu, on peut toujours appeler *torsion* la différence maximum, soit des angles de profil, soit des déclinaisons.

Dans le cas de l'épure, la torsion ou angle des cordes de profil, prises au 1/3 interne et au 9/10 distal, est de 18°. Si je place la pale sur le moyeu, et l'index à 20° sur le cercle gradué, la torsion ou différence des déclinaisons mesurées à des distances de l'axe de rotation égales au 1/3 et au 9/10 de la 1/2 envergure est de 19°. J'aurais eu une autre torsion, si l'index avait été mis sur une autre division ; je constate néanmoins que la pale Goëland a subi peu de déformations, malgré des poussées répétées de 400 grammes par pale.

Si sur le même moyeu de $50^{m}/^{m}$ je place les palettes Perdrix et Vespa précédemment étudiées, l'index basilaire à 20°, je trouve comme torsions correspondantes 17° pour Perdrix, 18° pour Vespa. Les torsions de profil mesurées sur l'épure étaient 16° pour Vespa; 3° seulement pour Perdrix. La Perdrix paraît la plus déformée par l'usage ; pour juger rigoureusement cette déformation, il faut mesurer les déclinaisons à l'état vierge, et après avoir servi. On trouvera plus loin cette comparaison pour des palettes d'un mètre d'envergure.

Ceci posé, voici une série de tables donnant les vitesses du courant, le nombre de tours, les déclinaisons, etc.

VIII. — **Goëland** { *Envergure* : 42 c.
Inclinaison : 30° environ.

CONTRE-POIDS	DÉCLINAISON	X	Y	Nombre de Tours à la seconde	VITESSE DU COURANT (R)
57.760 gr.	index 20°	25 cm.	0 cm.	14,7	6,4
	26° à 1/3		4		6,8
	28° à 1/2		7		6,8
	38° à 2/3		8		7
	45° à 4/5		9		6,8
	45° à 9/10		12		6
			14		5,5
			18		2,2
			20		0,9
			24		0,25
37.750	id.	id.	8	11,19	5
24.750	id.	id.	id.	7,56	3,5

Les vitesses maxima 7... 5... 3,5, ne sont proportionnelles aux contrepoids, que si ceux-ci sont peu différents ; en réalité, les vitesses croissent moins vite que les contrepoids.

Dans la colonne des déclinaisons, les chiffres 1/3... 1/2... 9/10, signifient que les déclinaisons ont été mesurées à une distance de l'axe de rotation égale à 1/3... 1/2... 9/10 de la demi-envergure.

IX. — **Perdrix** { *Envergure* : 40 cm. *Inclinaison* : 25° *Contrepoids* : 57.760 gr.

DÉCLINAISONS	NOMBRE DE TOURS	X	Y	V (R)
20° à 1/3 35° à 8/10	13,88	18	0 4 cm. 8 9,5 10 12 14 18 20	6,23 6,41 7,23 7,1 7,05 6,52 4,98 1,26 0,7
				V (A)
13° à 1/3 20° à 1/2 30° à 2/3 29° à 4/5 28° à 9/10	14,7	id.	0 4 6 8 9 10 12 14 16 18 19,5	5,6 5,9 6,8 7,02 7,6 7,82 7,77 6,85 4,38 1,76 0,48

Dans le tableau II, nous avions même palette et même envergure de 40 centimètres, seulement l'axe proximo-distal etait normal à l'axe de rotation, tandis qu'ici il fait 25° avec ce même axe. J'ai 40 centimètres d'envergure au lieu de 38, parce que le moyeu *a* est plus grand.

Le rapport de la vitesse maximum à la vitesse de la pointe est à peu près le même pour Goëland et Perdrix à la vitesse de 14,7 tours. Ce rapport est 0,42 environ. Mais, à 30 tours, il tombe au-dessous de 0,33 pour Perdrix, tandis que chez Goëland à 24,16 tours, il est voisin de 0,46. Ce résultat est dû soit à la forme spéciale de la pale, soit au calibre des nervures, soit aux deux facteurs à la fois. Le calibre de la nervure principale antérieure est 3 % de l'axe proximo-distal, lequel est plus long chez Goëland que chez Perdrix.

La comparaison des vitesses maxima dans le sens de l'axe est très instructive d'une pale à l'autre et peut, dans certains cas, faire préjuger de la valeur propulsive. On conçoit cependant qu'une rivière peut être plus puissante qu'une autre, tout en ayant une vitesse maximum moindre, si la somme de ses effets est supérieure, c'est-à-dire, en langage mathématique, si la somme

$$\int_0^l K\, 2\pi y\, v^2\, dy$$

est supérieure, v étant la vitesse mesurée à l'anémomètre à la distance y de l'axe de rotation, et à la distance x optimum du plan de l'équateur, où elle est la plus grande. L'intégrale ci-dessus représente la somme des poussées aériennes sur un plan normal au courant à la distance x, conformément à la formule $R = KS\, v^2$, lorsque y varie de o à l, la demi-envergure.

La vitesse maximum (b) est située à une distance de l'axe de rotation égale à ml, m variant avec la forme des palettes. La vitesse au centre étant (a) et la vitesse périphérique voisine de zéro, on peut *grosso modo* remplacer l'intégrale ci-dessus par celle des deux droites allant de $y = o$ à $y = ml$ et de $y = ml$ à $y = l$.

Après des calculs fastidieux, on trouve pour R *la somme des poussées parallèles à l'axe.*

$$(1)\quad R = \frac{1}{6} K \pi m^2 l^2 \left(a^2 + \frac{9 - 14\,m}{(1 - m)^3} b^2 + 2ab\right)$$

K est ici le coefficient de la résistance aérienne. Je montrerai plus loin des applications de cette formule ; elle est éminemment empirique et représente la réalité, à peu près comme une ligne brisée représente la courbe circonscrite. Elle montre cependant que la considération des vitesses maxima b est insuffisante, et qu'il faut y joindre les rapports $\frac{a}{b}$ et m.

X. — **Perdrix** { *Envergure* 1 m.
Inclinaison 14°.

L'envergure était primitivement de 0ᵐ97 pour une déclinaison de 20°; mais après de nombreuses rotations à 8 et 900 tours

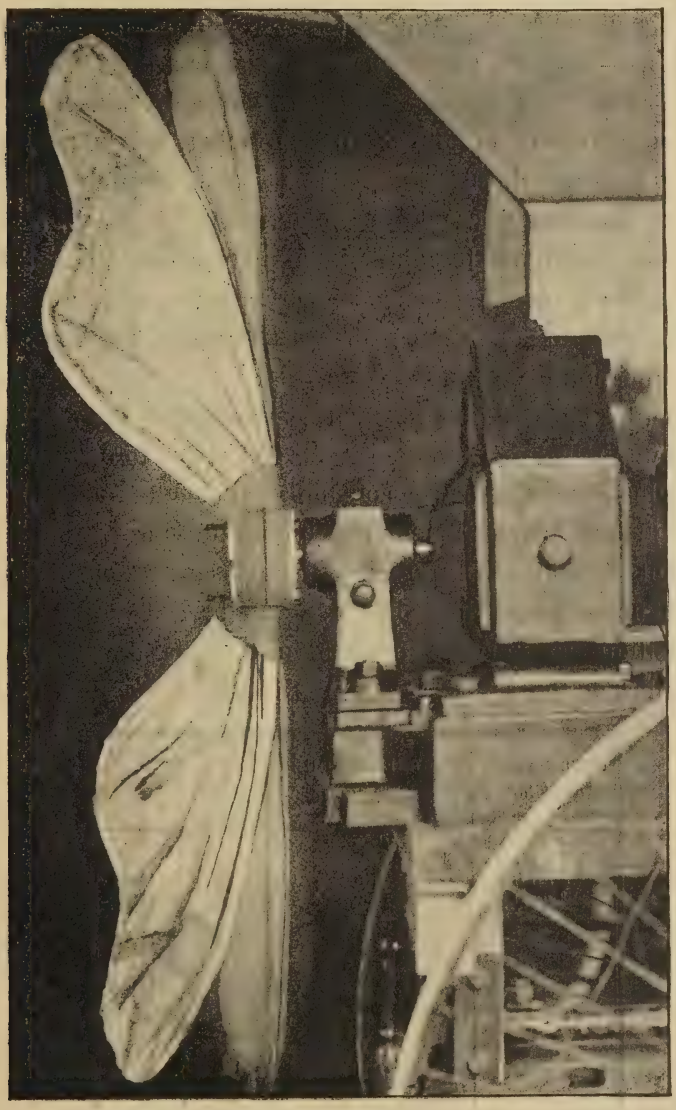


Fig. 7

à la minute, elle est devenue au repos 1m015, avec une inclinaison de 14°. Cette envergure augmente encore, lorsque l'hélice tourne. La photographie (*fig.* 7) montre l'hélice au repos, à 600 puis à 900 tours. On voit que l'hélice est montée sur un moteur électrique, et celui-ci sur un tricycle très roulant. Le moyeu est fendu suivant le plan de l'équateur, jusqu'à 1 centimètre de l'arbre ; les deux moitiés sont traversées de chaque côté du canal porte-manche par deux forts boulons. Lorsque les écrous sont bien serrés, le manche de la pale ne peut plus ni tourner ni s'arracher. Il resterait, il est vrai, un danger de rupture, si la pale était lourde et rigide ; mais ce n'est pas le cas d'une zooptère.

Les déformations les plus remarquables produites surtout par la résistance aérienne, en partie aussi par la force centrifuge, portent sur la concavité et la torsion. J'ai déjà traité cette question.

Voici les vitesses obtenues par l'anémomètre Richard placé à 50 centimètres de l'équateur, pour 600 et 900 tours ; le courant électrique n'étant pas constant, j'ai compté le nombre de tours chaque fois, et ramené les vitesses du vent à ce qu'elles seraient de 600 à 900 tours, en supposant qu'elles étaient sensiblement proportionnelles aux nombres de tours ; cette supposition est permise, étant donné le faible écart dans le nombre de tours.

DÉCLINAISON Index 30°	NOMBRE DE TOURS à la seconde	Y	V (R)
20° au 1/3	10	0	8,6
39° au 0,7		25	14,74
36° au 0,8		27	13,64
	15	0	11,44
		4	13,29
		8	14,37
		15	18,67
		23	20,46
		25	20
		27	18,60
		33	16,09
		54	0

Voici, d'autre part, les mesures de traction faites avec un peson placé à l'arrière du tricycle :

XI

DÉCLINAISON index	TOURS à la minute	TRACTION
20°	980	5 kilog.
25°	920	6
30°	660	4,8
	880	7,8
	900	8

La formule de traction φ (*a b ml*) devient pour 900 tours et $m = 0{,}46$

$$(2)\ R = 1/6\ k\ \pi\ l^2\ (a^2 + 8\ b^2 + 2\ ab)$$

pour K = 0 kil. 070 $a = 11{,}44$ $b = 20{,}46$

$$R = 8 \text{ kil. } 19$$

Les expériences de M. Eiffel, à la tour Eiffel [1], donnent pour des cercles les valeurs successives de :

K	Cercle
0,068	1/16
0,071	1/8
0,073	1/4
0,076	1/2

Mon cercle de vitesse est voisin de $0{,}8^{m2}$, par suite plus grand. J'aurais donc pour R une valeur encore plus grande, si j'adoptais un coefficient conforme aux expériences de

[1] Recherches expérimentales sur la résistance de l'air. Paris, chez Maretheux, 1907.

M. Eiffel ; mais les conditions de ces expériences sont très différentes des miennes. Il me suffit de montrer l'approximation obtenue par la formule, en me servant d'un coefficient de la résistance voisin de ceux obtenus par M. Eiffel.

Mantis { Envergure, 0^m99 ; Inclinaison $15°$

La largeur maximum est le quart de l'axe proximo-distal mesuré en projection horizontale.

Dans la pale Perdrix, la largeur est la moitié de cet axe.

Elle en est le 1/3 chez Goëland, le 40 % chez Vespa.

Les déformations de Mantis sont de même ordre que celles de Perdrix, mais moins prononcées pour l'inclinaison et pour les déclinaisons proximales. Les photographies prises successivement à une déclinaison de l'index de 20° et de 30° donnent pour l'inclinaison un écart maximum de 6°5 quand on passe du repos à 900 tours ; l'écart était exactement le double : 13° pour Perdrix. La concavité était de 20 pour °/₀ environ à la base à l'état vierge, et de 1 °/₀ au 9/10 distal ; après de nombreuses rotations la concavité basilaire est 13 à 14 °/₀, mais au distum, il y a une poche d'une concavité supérieure à 5 °/₀.

Ainsi donc la *concavité a diminué au proximum et augmenté au distum*. Cette poche distale n'est pas spéciale aux zooptères ; elle a une tendance à se former, quelle que soit la forme des nervures, si le centre de poussée tombe entre deux nervures, sur le papier ou la toile plus ou moins souple qui les réunit ; nous retrouverons ce phénomène dans une hélice géométrique, à nervures rectilignes.

Il y a aussi augmentation de la déclinaison au distum, mais moindre que chez Perdrix ; l'augmentation est graduelle à partir du 1/5 proximal. Il n'y a pas diminution de déclinaison vers le milieu de l'aile comme chez Perdrix.

Ceci posé, je mets l'anémomètre à 50 cm. du plan de l'équateur, à des distances (y) variables de l'axe de rotation ; je lis en même temps les chiffres du peson.

XII

DÉCLINAISONS	TOURS	Y	V (R)	TRACTION	$\frac{a}{b}$	SIN. δ
12°	800	0 25	7,28 13,93		0,52	sin. 30°
	900	0 25	8,13 15,96	5 kilog.	0,5	
20° index 20° à 10 y 24° à 15 y 28° à 25 y 34° à 30 y	720	0 25	7,6 11		0,69	sin. 45°
35° à 35 y 40° à 40 y 38° à 45 y	850	0 25	10,06 13,46		0,7	
	960			5 kilog.		
30° index	720	0 25	8,28 9,6	3,2	0,86	sin. 60°
	910	0 25	10,6 11,98	4	0,88	sin. 62°

Le rapport $\frac{b}{2\pi l n}$ n'est plus que 0,30, tandis que chez Perdrix et Goëland, il était supérieur à 40 °/₀. Le maximum b correspond à $y = 25$, c'est-à-dire que $m. = 1/2$. La formule de traction devient :

$$(3)\ R = \frac{1}{24} K \pi l^2 (a^2 + 8 b^2 + 2 a b)$$

Appliquons cette formule au cas 940 tours, $a = 8,13$, $b = 15,76$.

Nous avons :

Calcul $\begin{cases} R = 4 \text{ kg. } 76 & \text{si k.} = 0,07 \\ R = 5 \quad 41 & \text{si k.} = 0,08 \end{cases}$

Peson $R = 5$

L'examen du rapport $\frac{a}{b}$ mérite un tableau spécial.

XIII

ESPÈCE	DÉCLINAISON Index	DÉCLINAISON Distale	TOURS à la seconde	a	b	$\frac{a}{b}$	$\frac{b}{2\pi LN}$	SIN $\delta = \frac{a}{b}$
Vespa	0°	18°	1,93	0,93	2,55	0,36 (R)	0,26	$\delta = 21°$
1 m. 60			1,21	0,5	1,37	id.	0,22	
d'envergure	10°	28°	1,36	0,9	2	0,45	0,29	27°
	20°	35°	1,16	0,76	1,8	0,42	0,31	
	30°	45°	1,01	0,7	1,36	0,51	0,27	31°
Perdrix	20°	26°	6,41	2,54	6,34	0,40	0,31	26°
1 mètre	30°	36°	4,52	2,82	5,78	0,45	0,41	
d'envergure			3,53	2,14	4,28	0,44	0,42	
			10	8,6	14,74	0,58	0,46	36°
			15	11,44	20,46	0,55	0,43	
40 cm.	20°	35°	13,88	6,23	7,23	0,86 (R)		
d'envergure			14,7	5,6	7,82	0,71 (A)	0,41	46°
Goëland	20°	45°	14,7	6,4	7	0,91 (R)		66°
$2l = 42$ cm.			24,16	13,4	13,5	0,99 (R)		
Escalier		20°	30	4,9	9,4	0,52	0,25	
$2l = 40$ cm.				4,7	13	0,36	0,34	21°

La dernière colonne est celle des angles dont le sinus a pour valeur $\frac{a}{b}$ Chacun de ces angles est très voisin de la déclinaison distale, surtout si l'on admet que la déclinaison distale augmente en raison directe de la déclinaison au repos. Ainsi pour la grande pale Mantis :

$a = b$ sin. 30° pour une déclinaison distale de 30°
$a = b$ sin. 45° id. 38 à 40°
$a = b$ sin. 60° id. 48°

L'écart est d'autant plus grand que la déclinaison au repos est plus grande ; mais la déclinaison distale en pleine rotation est différente de la déclinaison au repos ; elle est supérieure à celle-ci dans tous les cas que j'ai examinés. On se rapprocherait donc de la vérité en posant

$$a = b \text{ sin. } \delta$$

δ *étant la déclinaison distale en pleine rotation.*

Les mesures faites à l'anémomètre Richard sur les petites

palettes ne concordent pas avec cette formule, parce que le moulinet est trop grand par rapport à cette envergure. En mesurant le rapport $\frac{a}{b}$ successivement avec l'anémomètre Richard, le Casella, dont le moulinet est plus petit, et un moulinet Amans encore plus petit, je trouvais avec Richard 0,80 et 0,68 seulement avec les autres. La différence est encore plus grande pour Escalier. En se servant d'un petit moulinet pour de petites palettes, les rapports sont conformes à la formule ci-dessus.

Si on introduit la valeur de a dans la formule de traction, on a

$$R = \frac{1}{24} K \pi l^2 b^2 (\sin.^2 \delta + 8 + 2 \sin. \delta)$$

on sait que b est une fonction variable de l; on peut l'exprimer par

$$b = c\, 2 \pi l n$$

n nombre de tours à la seconde, c un coefficient variable avec δ. On voit (consulter la table XII) que $c = 0{,}33$ pour $\delta = 30°$, $c = 0{,}3$ pour $\delta = 45°$, $c = 0{,}28$ pour $\delta = 60°$.

Finalement la formule devient

$$(4)\quad R = 1/6\ K \pi^3 c^2 n^2 l^4 (\sin^2. \delta + 8 + 2 \sin. \delta)$$

Pour le cas particulier $c = 0{,}33$, $\delta = 30°$, $K = 0{,}07$

$$R = 0{,}35\, n^2 l^4$$

Cette formule reste debout, si on remplace R par sa valeur mesurée au peson, qui est 5 kg.

Nous arrivons ainsi par la voie anémométrique à une formule de même aspect que celle dont s'est servi le colonel Renard pour ses hélices géométriques. Seulement ce n'est qu'un cas particulier de la formule générale.

$$(5)\quad R = \frac{2}{3} K \pi^3 c^2 m^2 n^2 l^4 \left(\sin.^2 \delta + \frac{9\text{-}14\,m}{(1-m)^2} + 2 \sin. \delta\right)$$

et l'on voit sous cette forme figurer des facteurs m... c... δ, qui

n'existent pas dans la formule simpliste de Renard. Ma formule a un coefficient beaucoup plus complexe, et cependant je n'ai pu encore y introduire ni la concavité ni l'élasticité des nervures, facteurs des plus importants.

La concavité exerce son influence sur le facteur (*c*); car mes expériences prouvent que la concavité basilaire a diminué en passant de l'état vierge à une grande vitesse de rotation. Il reste après usage une concavité permanente, qui doit aussi varier en passant du repos au mouvement, et varier en fonction de δ; c'est dans le même sens que diminue le rapport *c*. Le rapport *c* est facile à mesurer, mais il n'en est pas de même des variations de la concavité. Celle-ci doit varier en outre avec l'élasticité des nervures.

Dans toutes les tables précédentes, il manque une colonne très importante, celle de l'énergie dépensée. Elle manque pour une cause assez banale: insuffisance des appareils de mesure. J'ai pu cependant combler cette lacune tout récemment pour le petit moteur électrique, sur lequel étaient montées les palettes de 40 centimètres d'envergure. Ce moteur est vendu pour 1/12 H P. Voici l'énergie réelle en kgm sur l'arbre en fonction de l'énergie électrique et du nombre de tours. [1]

Je monte sur l'arbre une poulie en cuivre à gorge plate de rayon *r*. Sur cette gorge, j'applique une courroie formée de plusieurs cordelettes de chanvre juxtaposées. L'une des extrémités est fixée à un ressort à boudin très long; la traction P est mesurée à un gramme près. A l'autre extrémité sont fixés des poids variables *f*. Lorsque le courant est constant, je pose l'équation d'équilibre

$$(6)\quad T = (P - f)\, 2\pi r n$$

qui me donne le travail sur l'arbre en fonction du nombre de tours. Il est impossible d'avoir une position d'équilibre, si on

[1] Toutes les expériences avec moteur électrique ont été faites au laboratoire de Physiologie biologique. Je ne saurais trop remercier M. le professeur Imbert et M. Gagnière de leur aimable hospitalité.

n'emploie pas la méthode suivante. Au-dessus de la courroie est une pipette remplie d'eau ; elle s'écoule goutte à goutte sur les cordelettes de chanvre ; et on a ainsi une température constante, le ressort ne danse plus, et les aiguilles du voltmètre et de l'ampèremètre ne bronchent pas. On obtient de cette façon :

XIV

Nombre de tours	Ampères	Volts	Travail au frein	Rendement
—	—	—	—	—
2.600	1,2	110	7,14	53 %
2.100	1,4	id.	5,77	37 »
1.740	1,8	106	4,78	25 »

Au-dessous de ce nombre de tours, il m'est très difficile de maintenir le courant constant, et cependant dans certains cas nous aurons moins de 1500 tours avec les palettes, et par suite un rendement inférieur à 25 %. J'ai admis que pour 1450 tours le travail était seulement de 4 kgm. Il est probablement inférieur, car ce moteur n'est pas fait pour travailler à plus de 200 watts.

En me servant de ces données, j'ai pu dresser le tableau suivant, qui me donne la traction en fonction du nombre de tours et de l'énergie sur l'arbre. Le moteur était, comme dans mes premières expériences (Tableau VIII), monté sur un petit tricycle très roulant muni de roulements à billes ; les roues étaient posées sur une glace épaisse de verre poli ; un long ressort à boudin mesurait l'effort de traction.

XV

ESPÈCE	ENVERGURE	DÉCLINAISON distale	TOURS	WATTS	TRACTION en grammes	TRAVAIL
E_1 papier	40 cm.	10°	2.245	130	500	5,43 kgm
id.	id.	id.	2.266	154	550	6,41
E_2 id.	id.	20°	1.900	197	650	5,91
Vespa	41	28°	1.960	177	620	5,66
Goëland	42	45°	1.450	214	800	4
Perdrix	40	28°	1.870	176	690	5,13
E_3 noyer	id.	20°	1.800	176	450	4,75
E_4 id.	id.	id.	id.	187	550	5,04
M	id.	20°	2.200	154	550	6,16

Remarques.— 1° Un premier fait m'a violemment surpris. La palette E me donnait (tableau VIII) 350 gr. seulement de poussée avec le même tricycle, en opérant dans les mêmes conditions, même vitesse et même dépense électrique (2,300 n 165 w); J'ai maintenant 550 gr. ! Pourquoi 200 gr. de plus ? Je n'ai pu découvrir d'autre cause que la température. En 1907, j'ai opéré en plein hiver dans une salle très froide, au-dessous de 8°. La palette E est formée de deux nervures en micocoulier presque cylindriques, de même épaisseur, reliées par des traverses en fil de laiton raide, formant des spires concentriques à l'arbre de rotation. Les deux faces sont recouvertes de papier collé par la gutta sur les nervures et les traverses. Le tout forme un ensemble assez rigide. En 1908, j'ai opéré dans une salle de photographie sous un toit vitré à une température de 35°; du coup ma rigidité a disparu. Les nervures sont devenues plus souples, la gutta s'est ramollie, et la face inférieure a dû se creuser, comme une voile latine, dans le *cinglage au plus près;* j'ai constaté en outre une déclinaison distale permanente de 10° et non 7°, comme en hiver. Ma pale Escalier est devenue une *hélicocave*, avec augmentation de pas en allant du pro-

ximum au distum ; automatiquement, grâce à cette élévation de température, la poussée aérienne nous a donné deux facteurs de mécanique animale : *la concavité et l'augmentation de déclinaison*.

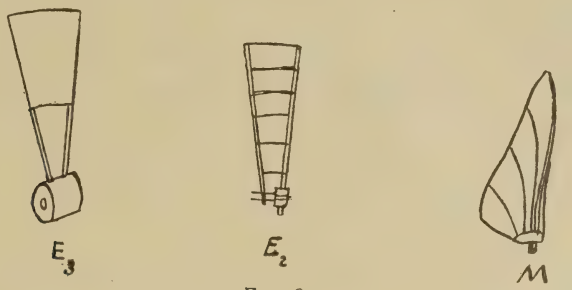


FIG. 8.

Cette expérience prouve en outre que ces facteurs sont de premier ordre, car la palette E_2 donne d'aussi bons résultats que les pales zooptères Vespa et Perdrix, c'est-à-dire que le rapport de la traction au travail est aussi bon. La pale E_3 ne diffère de E qu'en ce que le manche est mobile et la déclinaison distale est de 20°.

2° La pale E_4 ne diffère de E_1 que par la déclinaison ; de plus, en allant du demi-rayon à la périphérie, le papier est remplacé par un placage de noyer, ayant 0,03 de creux au demi-rayon, mais plat vers l'extrémité distale. L'indice de propulsion est aussi bon que pour E_2.

En supprimant le papier proximal, nous avons E_3 et une diminution de tirage de 18 % avec un indice de propulsion plus faible. Il y a donc tout profit à garnir les nervures jusqu'à la base, au lieu de faire des *battoirs de lessive*, comme s'acharnent à le faire certains aviateurs.

3° La pale M se rapproche comme courbure et forme du contour de l'aile postérieure de Mantis. A ce point de vue, c'est tout à fait l'opposé du battoir susdit ; sa base est très large et le distum finit en pointe. C'est une surface gauche faiblement tordue (5° de torsion positive). Les résultats sont presque identiques à ceux de E_2, avec une différence toutefois très

importante, la force centrifuge est bien moins considérable. Il ne faut donc pas hésiter à choisir de préférence une pale plus large à la base.

Pour le même motif, il faudra donner la préférence à Vespa et Perdrix sur E_2 ou E^1.

3° Le Goëland avec l'anémomètre Richard donne $a = 13^m4$, $b = 13{,}5$. Si l'on applique la formule de traction avec $m = 0{,}46$, on a :

$$(7)\quad R = 1/6\ K\ \pi\ 0{,}21 \times 0{,}21^2\ (a^2 + 8{,}82\ b^2 + a\ b)$$
$$R = 786\ \text{gr.}$$

Il eût été plus logique de mettre dans cette formule les valeurs de a et b obtenues avec un moulinet plus petit; on aurait a plus petit, b plus grand, et le résultat serait peu différent. En somme, cette formule nous donne un chiffre très voisin de la réalité.

Même observation pour la Perdrix, où j'ai par le calcul :

625 gr. si $m = 0{,}46$
ou 725 gr. si $m = 0{,}5$

m est assez difficile à préciser expérimentalement, mais il est sûrement compris entre ces deux chiffres; en réalité la poussée est 690 grammes.

4° Le colonel Renard a donné pour sa meilleure hélice les formules :

$$(8)\quad A = 0{,}026\ n^2\ x^4$$
$$(9)\quad T = 0{,}015\ n^3\ x^5$$
$$(10)\quad H = 8{,}85\ x^{\frac{2}{3}}\ y^{\frac{2}{3}}$$

A Force de propulsion d'une pale,
T Travail en kgm. d'une pale,
H Traction totale de deux pales en fonction de y nombre H P, et x envergure ou rayon ?

J'avais cru de bonne foi que x désignait le rayon, et dans une note au Congrès aéronautique de Milan en 1906, je critiquais avec raison le peu d'efficacité d'une telle hélice. Elle

était légèrement supérieure au plan, mais inférieure à d'autres pales basées sur l'hélice géométrique que j'avais moi-même expérimentées. Si, comme je le crois maintenant, x désigne l'envergure, nous avons au contraire une hélice bien supérieure à toutes les pales *rigides* de même pas que j'aie jamais construites [1]. Cette pale optimum de Renard est-elle une hélice géométrique pure, rigide ? N'est-elle pas légèrement élastique, et surtout légèrement concave-convexe avec des sections de profil courbes, analogues à celles que je préconisais dès 1889, et justement à propos de l'hélice du dirigeable *la France* : je reprochais à celle-ci de manquer de creux.

L'expérience de E_1, E_2 montre le progrès considérable apporté par le creux, mais ces pales restent quand même au-dessous de celle de Renard. Il n'y a dans le tableau XV que la pale Goëland capable de soutenir avantageusement la comparaison. Les équations du Goëland sont :

$$(11)\quad A = 0{,}022\, n^2\, x^4$$

$$(12)\quad T = 0{,}0108\, n^3\, x^5$$

$$(13)\quad H = 10{,}21\, x^{\frac{2}{3}}\, y^{\frac{2}{3}}$$

$$x = 0^m42 \qquad n = 24{,}16 \qquad y = \frac{4}{75}$$

La formule (13) pourrait encore s'écrire :

$$(14)\quad H = 9{,}54\, x^{\frac{2}{3}}\, Y^{\frac{2}{3}}$$

si l'on posait, comme Renard, que l'énergie directement utilisable sur l'arbre porte-hélice est seulement les 9/10 du nombre Y d'H P disponibles au moteur.

La supériorité appartient évidemment au Goëland, mais ce

[1] Elle serait même légèrement supérieure à ma pale élastique de 1891, pour laquelle H serait en adoptant les mêmes significations de lettres

$$H = 8{,}43\, x^{\frac{2}{3}}\, y^{\frac{2}{3}}$$

Celle-ci avait une surface en placage de noyer ; j'ai adopté depuis un squelette à 5 nervures, et une base, un carpe plus résistant. Ma pale zooptère de 91 était quand même supérieure à toutes mes pales bélicoïdales de n'importe quel pas.

n'est pas une supériorité écrasante, comme je l'avais déclaré au Congrès de Milan, par suite d'une méprise sur la signification de x. Je suis d'autant plus heureux de faire cette constatation, que les hélices du génie italien, reconnues aussi efficaces que celles du colonel Renard, auraient les caractères suivants : *sections de profil courbes, et gros bout avant.* J'avais donc raison de préconiser ces deux facteurs en 1889, puisque, grâce à eux et sans sortir de l'hélice géométrique, on a obtenu de si notables perfectionnements.

J'aurai plus de peine à faire accepter l'élasticité ; car avec elle, je trouble tous les calculs destinés à trouver le meilleur pas. Il y a cependant une tendance à faire le pas croissant du proximum au distum, mais de là à faire une torsion positive comme chez le Goënland, il y a de la marge. Cette torsion positive est faite pour dérouter les théoriciens de l'hélice classique ; la théorie régnante « *de l'angle d'attaque* » est en contradiction avec ce mode de torsion.

Je me suis toujours gardé de faire une théorie, m'attachant surtout à l'analyse des faits. Ceux-ci sont cependant assez nombreux pour tenter une explication. J'ai déjà fait remarquer, à propos des élytres [1], que si d'un point situé sur le bord antérieur, vers les 2[3 environ, on mène des plans perpendiculaires à l'horizon, l'*angle moyen des sécantes distales avec l'horizon est le double de l'angle des sécantes proximales.* De plus le front forme une courbe ondulée à fort creux axillaire. Une bonne part de l'air distal est dirigée sous les cordes de moindre angle, dans la direction du creux, au grand détriment de la théorie de l'angle d'attaque ; car là, il rencontre d'autres courants dont il augmente d'autant la vitesse, ou le tassement suivant les cas. C'est une façon rationnelle de comprendre pourquoi le rapport $\frac{a}{b}$ est si grand dans notre dernière expérience du Goëland : à une faible distance de l'équateur, l'anémomètre indique presque même

[1] Voir géométrie comparée des ailes rigides (Congrès de l'A. F. A. S. 1901).

vitesse partout, à partir du 1/2 rayon jusqu'au centre. L'air est beaucoup mieux empoigné et dirigé que par une pale hélicoïdale et génératrices droites.

L'importance des autres facteurs de mécanique animale tels que sinusoïde du bord antérieur, inclinaison de l'axe proximo-distal sur l'équateur, ne peut être mise en relief par les essais au point fixe. Le bord antérieur du goëland, par exemple, forme dans sa révolution une véritable proue d'obus, qui piquerait en course libre une tête remarquable ; sa supériorité sur un bord rectiligne apparaîtrait sûrement dans une translation rapide.

Mes premiers essais de translation rapide datent de 1892 : je faisais courir sur rails un petit moteur électrique propulsé par une hélice aérienne ; le courant était fourni par un Daimler et une batterie d'accumulateurs. Je persiste à croire que l'*aéro-car terrestre* est encore la meilleure méthode de comparaison pour étudier le rendement des hélices ; avec l'aéro-car sur rails, ou même avec une voiturette à hélice sur route bien plane, bien droite, on n'a à tenir compte que de résistances relativement faciles à mesurer, les résistances passives de la voiture et la résistance aérienne. Celle-ci est beaucoup plus facile à déterminer sur une coque de voiture que sur les surfaces multiples d'un aéroplane, surtout si celui-ci a une marche ondulée.

On lit parfois que tel aéronaute se vante d'avoir une hélice d'un rendement supérieur ; sur quoi se base-t-il ? Sur le calcul ? Le calcul est impuissant à donner un résultat sérieux. En aéroplane ? Il ignore la résistance à l'avancement ; il peut certainement, en essayant plusieurs hélices, en trouver une qui le fasse marcher ou monter plus vite, sans qu'il puisse toutefois donner le rendement en valeur absolue. Pour connaître la résistance à l'avancement, j'avais mis sur le tricycle l'arbre spécial sur lequel j'avais mesuré la traction au point fixe. Le moyeu pouvait coulisser sur cet arbre ; en arrière il était retenu par un ressort à boudin. Les déplacements du moyeu peu-

vent être enregistrés sur un cylindre fumé, en même temps que d'autres stylets donnent le temps, le nombre de tours et la tension de la courroie motrice. Celle-ci relierait la poulie motrice à la poulie de l'arbre porte-hélice, par l'intermédiaire de deux autres poulies, l'une portant un poids connu, l'autre un peson spécial ; les variations de ce peson donneraient celles de la force de tension de la courroie, et par suite, connaissant le nombre de tours à la seconde, le travail du moteur en kilogrammètres.

Cette méthode pourrait difficilement s'appliquer en aéroplane, à cause de la trajectoire plus ou moins ondulée ; mais les résultats obtenus en aéro-car terrestre serviraient à dégager les inconnues du vol en aéroplane. Le problème reste entier et attend sa solution ; celle-ci, je n'en doute pas, sera conforme à toutes mes prévisions sur les pales zooptères.

DEUXIÈME SÉRIE

(In-8°, en cours de publication depuis 1893)

TOME I[er] (1893-1894).....	Fr.	15 »	TOME II (*Suite*)		
Fascicule 1 (1893).....		10 »	Fascicule 6 (1899).....	Fr.	1 50
— 2 (1893).....		2 »	— 7 (1900).....		2 »
— 3 (1893).....		2 »			
— 4 (1894).....		1 »	TOME III (1901-1907).....		15 »
			Fascicule 1 (1901).....		3 »
TOME II (1894-1900).....		15 »	— 2 (1902).....		3 »
Fascicule 1 (1894).....		2 »	— 3 (1903)...		2 »
— 2 (1895).....		1 »	— 4 (1904)..		2 »
— 3 (1896).....		6 »	— 5 (1906).....		1 »
— 4 (1896).....		1 »	— 6 (1907).....		2 »
— 5 (1898).....		3 »	— 7 (1907)....		1 »
			— 8 (1907)...		1 »

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION DES SCIENCES

Année 1847 (in-8°).....	Fr.	2 »	Années 1852-53 (in-8°).....	Fr.	2 »
Année 1848 (in-8°).....		2 »	Années 1853-54 (in-8°).....		2 »
Année 1849 (in-8°).....		2 »	Année 1863 (in-4°).....		2 »
Année 1850 (in-8°).....		2 »	Année 1864 (in-4°).....		2 »
Années 1850-51 (in-8°)....		2 »	Année 1865 (in-4°).....		2 »
Années 1851-52 (in-8°).....		2 »			

Séance publique de l'année 1847 (in-4°)..... Fr. 3 »

Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier, par Junius Castelnau, précédé de la vie de l'auteur et suivi d'une Notice historique sur la Société des Sciences et Belles-Lettres de la même ville, par Eugène Thomas (1858, in-4°)..... 15 »

Catalogue de la Bibliothèque de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, par Émile Bonnet. *Première partie :* Travaux des Sociétés savantes et Établissements scientifiques, Publications officielles, Recueils périodiques (1901, in-8°)..... .... 5 »

500
M519
Ser.2
v.4:2

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

Une Année exceptionnelle (Climatologie 1907), par **M. MOYE**. — Bouilleries et Fumeries d'Opium, par **M. PLANCHON**. — Sur la Détente Adiabatique des Vapeurs saturées, par **M. MESLIN**.

2e SÉRIE — TOME IV

No 2

MONTPELLIER
IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

1909

Illinois State Natural History Survey

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892.

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 530
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	105
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	250
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	180

2e série, in-8°, en cours de publication depuis 1893.

Section de Médecine.....	1 vol.	Fr. 12
Section des Sciences.....	3 vol.	45
Section des Lettres.....	4 vol.	48

SECTION DES SCIENCES

PREMIÈRE SÉRIE

(in-4°, 1847-1892).

TOME Ier (1847-1850).....	Fr. 25 »
Fascicule 1 (1847).....	4 »
— 2 (1848).....	10 »
— 3 (1849).....	5 »
— 4 (1850).....	6 »
TOME II (1851-1854).....	25 »
Fascicule 1 (1851).....	5 »
— 2 (1852-53).....	7 50
— 3 (1854).....	*épuisé*
TOME III (1855-1857).....	25 »
Fascicule 1 (1855).....	8 50
— 2 (1856).....	8 50
— 3 (1857).....	8 »
TOME IV (1858-1860).....	23 »
Fascicule 1 (1858).....	6 »
— 2 (1859).....	9 »
— 3 (1860).....	9 »
TOME V (1861-1863).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1861).....	10 »
— 2 (1862).....	8 »
— 3 (1863).....	5 »
TOME VI (1864-1866).....	23 »
Fascicule 1 (1864).....	*épuisé*
— 2 (1865).....	6 »
— 3 (1866).....	6 »
TOME VII (1867-1870).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1867).....	6 »
— 2 (1868).....	*épuisé*
— 3 (1869).....	6 »
— 4 (1870).....	4 »
TOME VIII (1872-1875).....	23 »
Fascicule 1 (1872).....	6 »
— 2 (1873).....	6 »
— 3 (1874).....	6 »
— 4 (1875).....	5 »
TOME IX (1876-1879).....	23 »
Fascicule 1 (1876).....	6 50
— 2 (1877-1878).....	7 50
— 3 (1879).....	9 »
TOME X (1880-1884).....	23 »
Fascicule 1 (1880-1881).....	7 50
— 2 (1882).....	7 50
— 3 (1883-1884).....	8 »
TOME XI (1885-1892).....	23 »
Fascicule 1 (1885-1886).....	9 »
— 2 (1887-1890).....	7 »
— 3 (1890-1892).....	7 »

UNE ANNÉE EXCEPTIONNELLE

CLIMATOLOGIE DE 1907

Par **M. MOYE**

L'année météorologique de décembre 1906 à novembre 1907 inclusivement a été marquée par un certain nombre de caractères tout à fait anormaux. Les plus saillants ont été évidemment les pluies torrentielles de l'automne et les inondations qui en sont résultées, mais l'année a présenté divers autres signes exceptionnels.

Tout d'abord l'hiver a été singulièrement froid et sec. Les jours de gelées comme on le verra plus loin, se sont élevés, à l'Ecole d'Agriculture de Montpellier, à des chiffres très importants, 22 à 25 jours par mois. Les minima absolus (sous abri) ont atteint également des chiffres bas (— 8° en décembre 1906 et en février 1907). En même temps que cette température froide, la sécheresse était intense. Les pluies d'hiver sont insignifiantes, le nombre de jours à pluie à Montpellier (indiqué par les tableaux reproduits plus loin) tombe à l'unité en février.

Le printemps continue l'anomalie. Le mois de mars présente une pression barométrique très élevée surpassant la moyenne de 3 à 4 millimètres en même temps qu'une précipitation très forte donne des abats d'eau violents en trois jours qui donnent une précipitation de 119 mm à Montpellier. En avril, la pression barométrique tombe brusquement, la moyenne étant inférieure de près de 10 mm à celle du mois précédent, mais la température s'élève beaucoup, avec des maxima extraordinaires de 30 et 31 degrés vers le 25 avril.

L'été de 1907 est d'une grande sécheresse. Juin, juillet et août n'accusent qu'un très petit nombre de jours de pluie et des quantités d'eau insignifiantes, le mois d'août, si souvent orageux, ne fournit que 6 mm à l'Ecole d'Agriculture de Montpellier. La chaleur n'offre rien d'extraordinaire, mais cette régularité même est une anomalie, car dans le surplus de la France et le Nord de l'Europe, le mois de juillet et l'été en général ont été très froids. Le Midi de la France paraissait au calme. Il devait bientôt perdre ce privilège par les extraordinaires orages de son automne.

L'automne de 1907 a été marqué dans le département de l'Hérault par une série d'orages tout à fait exceptionnelle. Les débordements des rivières consécutifs à ces orages pendant les mois de septembre, octobre et novembre ont provoqué des désastres encore présents à toutes les mémoires. Les documents rassemblés par les soins de la Commission météorologique de l'Hérault permettent, sinon de remonter aux causes premières de ces phénomènes, au moins d'en reconnaître les circonstances essentielles dans lesquelles ils se sont produits.

Les phénomènes orageux doivent tout d'abord attirer notre attention. Leur répartition saisonnière a été, en 1907, tout à fait anormale. On sait qu'ils ont atteint, de 1875 à 1906, une moyenne annuelle de 43 ; la proportion estivale étant de 51,7 %, la proportion automnale de 19,5 — inférieure de 4,9 % à celle du printemps. — Or, en 1907, sur 55 orages, 28 se placent en automne — soit une proportion de 51 %. — Il y a un déplacement sensible du maximum. Ce déplacement est d'autant plus sensible que le nombre absolu des orages d'été (21) est très voisin de la moyenne établie pour les 35 dernières années (22).

La répartition géographique des orages a été la même que d'habitude. Le maximum de fréquence se trouve toujours dans la vallée moyenne de l'Hérault : Saint-Saturnin, Usclas-d'Hérault, Viols-le-Fort, Les Matelles, ont été visités par plus

de 27 orages, soit la moitié du total du département. Un centre secondaire se place dans la vallée moyenne du Vidourle (Boisseron). Il n'y a de ce chef aucune modification à apporter à la carte des orages publiée par la Commission météorologique dans le Bulletin pour 1906.

Mais l'analyse des observations faites dans 22 stations met en lumière quelques faits intéressants. Les orages absolument locaux (constatés dans deux stations seulement) ont été rares. Presque tous les orages de 1907 s'étendent à toute la partie orientale du département. Cela est vrai surtout pour les orages d'automne. Les autres obéissent aux lois qui régissent la marche de ces phénomènes dans nos régions : Généralisés, ils suivent une trajectoire S.W. ou franchement W.-E., suivant la région des basses collines ou plus rarement le pied des Cévennes ; localisés, ils rayonnent autour de centres de dispersion situés dans la vallée moyenne de l'Hérault. La carte qui accompagne ce mémoire ne diffère pas des cartes analogues publiées les années précédentes.

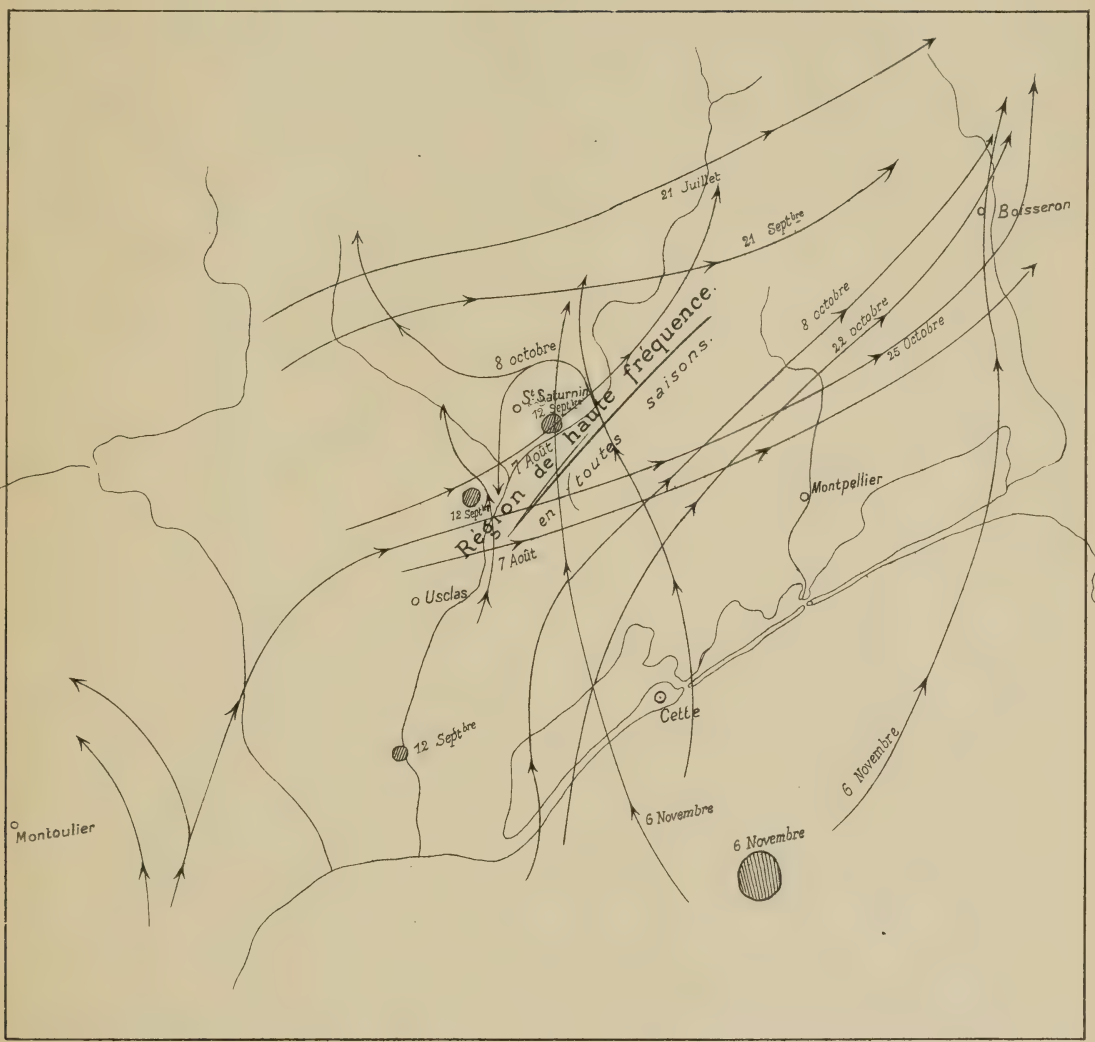
Au contraire, les grands orages qui ont provoqué les inondations ne paraissent pas toujours avoir suivi une trajectoire déterminée ou rayonné autour d'un centre. On a constaté, dans toutes les régions affectées par ces phénomènes, des *situations orageuses*, avec des paroxysmes à intervalles presque réguliers (6 ou 7 heures environ). C'est le cas des périodes du 11 au 15 septembre, du 24 au 30 septembre, des 8 et 9 octobre, du 11 au 13 octobre, du 6 au 9 novembre. Il semble s'être produit fréquemment dans la vallée de l'Hérault de violents remous atmosphériques qui modifiaient à chaque instant la marche de l'orage. Le seul caractère constant est fourni par la direction du vent au début du phénomène : Tous les orages d'automne se sont produits par vent S. Le marin paraît avoir joué un rôle important dans leur formation.

Le tableau suivant permet de vérifier sommairement ces conclusions. La carte qui l'accompagne ne porte qu'un petit nombre de trajectoires orageuses automnales. Pour les raisons

que nous venons d'exposer nous n'avons pas pu tracer les autres.

Mois	Dates et Caractères des Orages	NOMBRE d'orages
Décembre ..	».....	0
Janvier	25, local	1
Février.....	»	0
Mars.....	5	1
Avril.....	16	1
Mai.....	14, 17, 24, circonscrits à une partie du département.....	3
Juin.....	5, 12, 13, 22, 23, locaux ou généraux avec trajectoire W.E.....	5
Juillet	1, 7, 18, locaux. — 21, suit la région moyenne des Cévennes.— 25, trajectoire S.N., dévié par les vallées de l'Hérault et du Vidourle.	5
Août.....	2, 4, 5, 6, locaux. Celui du 6 forme sur la région moyenne de l'Hérault sept trajectoire. S.W.-N.E. — 8, 9, 10, 15, 25, vallée de l'Hérault.....	11
Septembre .	1, 2, locaux. — Du 11 au 15, 6 orages. — Du 24 au 30, 5 orages. — La journée orageuse la plus caractéristique est celle du 25. L'orage dure du 25 à 15 heures au 26 à 10 heures.....	14
Octobre.....	8 et 9, journées orageuses.— Du 11 au 13, passages successifs d'orages à trajectoires S.W.-N.E., mais avec des irrégularités nombreuses.— Autres orages les 16 et 22.	9
Novembre..	2, 6, 7, 8 et 9.....	5

On a sans doute remarqué le petit nombre des orages affectant la partie W. du département. Il ne convient pas de tirer une conclusion de ce fait. Cela tient en partie à ce que les postes d'observation sont peu nombreux dans l'arrondissement de Saint-Pons.



Trajectoires orageuses de 1907

Trajectoire

Centre de dispersion

Ces orages ont amené, comme on pouvait le prévoir, un régime extraordinaire de la précipitation aqueuse dont nous allons maintenant parler.

L'année météorologique 1907 (décembre 1906 à novembre 1907) a été, en effet, extrêmement remarquable par l'importance des chutes de pluies tombées sur le département de l'Hérault. C'est ainsi qu'à Montpellier [1] la hauteur totale de la pluie de l'année a atteint 1.088^{mm}3, alors que la moyenne annuelle [2] (période 1873 à 1903) n'est que de 710^{mm}10.

Il convient de remarquer le caractère torrentiel des précipitations pendant la période comprise du 24 septembre au 12 novembre 1907 :

Station météorologique de Montpelllier	Nombre de jours de pluie	Hauteur totale d'eau en millim.
Du 24 au 30 septembre.....	6	156
Du 1er au 31 octobre.....	17	346.8
Du 1er au 12 novembre.....	9	206.2
Totaux.....	32	709$^{m}/_{m}$

Cette énorme quantité d'eau a provoqué dans notre ville même des inondations qui ont causé des ravages considérables.

D'ailleurs, dans tout notre département, les chutes de pluie ont été exceptionnellement abondantes. Voici un relevé intéressant à ce point de vue :

[1] D'après les observations faites à la station météorologique de l'Ecole nationale d'Agriculture.

[2] Le régime des pluies et des vents pluvieux à Montpellier. Maurice Chassant, Bulletin météorologique du département de l'Hérault (1903).

STATIONS	Nombre total de jours de pluie	Hauteur totale de la pluie en millim.
Montpellier. Ecole d'Agriculture.....	94 [1]	1088.3
— Jardin des Plantes.....	64	1129.5
— Ecole Normale.....	58	964.6
Cette. Collège.....	68	959.5
La Salvetat (Ponts et Chaussées).....	107	2197
Sommet du Sommexil, —	134	2120
Saint-Pons, —	83 [2]	549
Bédarieux, —	72	1754
Saint-Gervais, —	43	1080
Sommet de l'Escandolgue —	68	1806
Béziers —	36	1014
St-Mathieu-de-Tréviez, —	39	1622
Capestang, —	46	1175
Le Caylar, —	90	1796
Lodève, —	76	1981
Saint-Bauzille, —	71	2520
Col de la Cardouille —	72	2543
Gignac, —	47	1517
Agde, —	41	779
Cette, —	45	789

A Montpellier, pendant l'année 1907, la température moyenne [3] a été de 14°45, donc légèrement inférieure à la moyenne normale 14°5 [4]. Les températures extrêmes [5] ont été notées : le 6 février, —7,6 et le 28 juillet, 38,6, ce qui représente un écart absolu de 46°2.

Voici un tableau relatif aux gelées observées au niveau du sol à l'Ecole nationale d'Agriculture :

[1] Dont 23 jours ayant donné des traces d'eau au pluviomètre.

[2] Les observations de juin 1907 manquent.

[3] Moyenne générale des maxima et des minima $\frac{M + m}{2}$

[4] Marche annuelle de la température de l'air, par H. Houdaille. Bulletin météorologique du département de l'Hérault. 1906.

[5] Les températures minima et maxima sont lues à 2 mètres au-dessus du sol sous abri. (Thermomètre minima de Rutherford, thermomètre maxima de Negritti, modèles du Bureau central météorologique de France.)

	Nombre de jours de gelée	Minima absolu à 0 m. 20 du sol	Minima absolu à 2 mètres du sol [1]
	—	—	—
Décembre 1906.....	22	— 12	— 8
Janvier 1907.....	25	— 11	— 4.2
Février —	23	— 9.4	— 7.6
Mars —	21	— 6.8	— 2.4
Avril —	4	— 3	+ 1.6
Mai —	1	0	+ 3.2
Novembre —	5	— 3	— 0.5

Dans notre ville, la pression barométrique moyenne de l'année a été de 758^{mm}49. La plus faible pression a été notée le 16 octobre : 740^{mm}8; la plus forte le 18 janvier : 773^{mm}, soit un écart absolu de 32^{mm}2.

L'année 1907 a donc mis en relief les extraordinaires variations que peut subir le climat languedocien, capable de passer d'une extrême sécheresse à des pluies analogues à celles que l'on rencontre sous les tropiques. Pour de faibles dénivellations, insignifiantes dans d'autres pays, des orages désastreux éclatent et durent plusieurs jours, produisant d'incalculables ravages. Cet état de choses tient évidemment à la situation géographique de la région, resserrée entre la mer génératrice des vapeurs aqueuses et des chaînes de montagnes qui forcent les orages à s'arrêter sur place et à épuiser pour ainsi dire leur puissance dans un cercle restreint. Les stations élevées du département ont reçu, comme on peut le voir aux tableaux, des chiffres de précipitation absolument étonnants : 2 *mètres* à la Salvetat, 2 *mètres 1/2* à Saint-Bauzille. Ce sont là des nombres presque incroyables pour notre latitude et qui justifient, disons-le en terminant cette étude, l'installation d'un service complet et perfectionné de la prévision du temps au bénéfice d'une région essentiellement agricole et soumise à de telles et ruineuses vicissitudes atmosphériques.

[1] Les hauteurs barométriques sont corrigées à 0°. La correction d'altitude n'est pas faite La cuvette du baromètre est à une altitude de 42^{m}62.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE DÉCEMBRE 1906

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	752.2	12.3	74	NW faible	12.2	4.2	2.8	Nuageux	»
2	759.5	9.2	45	N Modéré	14.7	5.5	8.2	Beau	»
3	764.8	9.2	55	NW assez fort	15.0	0.5	4.4	Beau	»
4	764.0	13.0	54	NW modéré	14.8	9.8	5.3	Nuageux	»
5	759.8	14.0	61	W modéré	16.5	10.0	6.4	Nuageux	»
6	746.7	10.7	60	W calme	14.7	2.0	5.5	Nuageux	traces
7	755.7	9.2	91	N. très faible	10.0	—1.0	1.0	Nuageux	»
8	762.0	10.0	53	NNE très faible	9.0	3.5	4.0	Couvert	»
9	753.7	11.0	91	W calme	13.0	6.6	3.6	Nuageux	4.0
10	749.7	9.0	49	NNW modéré	8.1	2.4	4.2	Beau	traces
11	757.1	7.3	69	N faible	7.8	—1.0	4.5	Beau	»
12	759.8	10.0	95	NW calme	14.0	3.6	4.0	Nuageux	»
13	761.8	10.0	62	NW calme	10.8	3.0	3.0	Couvert	traces
14	750.4	12.8	59	NW fort	12.7	4.0	3.8	Très nuageux	8.0
15	758.8	10.0	66	S calme	12.6	4.1	5.5	Nuageux	»
16	761.5	9.0	52	NW faible	12.7	—0.4	3.2	Beau	»
17	764.0	8.0	»	N calme	9.8	—1.5	4.0	Beau	»
18	763.3	6.0	100	NW calme	6.6	—3.5	1.9	Peu nuageux	»
19	765.3	6.0	100	N très faible	7.1	—2.0	1.8	Beau	»
20	765.4	5.4	100	N calme	6.0	—3.4	1.8	Brumeux	»
21	765.0	7.0	100	NE très faible	7.2	—2.0	2.5	Nuageux	»
22	764.1	7.0	100	NE très faible	6.4	—1.0	2.4	Couvert	traces
23	762.8	7.0	96	NNE faible	6.3	0.5	3.0	Nuageux	3.2
24	763.8	7.0	36	ENE faible	11.2	1.5	3.0	Peu nuageux	1.0
25	757.1	4.8	66	NW modéré	9.5	—4.2	2.3	Nuageux	»
26	750.1	6.0	50	SW calme	10.9	1.0	3.6	Pluie	»
27	745.2	7.4	54	WNW modéré	8.4	2.8	2.7	Nuageux	traces
28	746.3	6.0	100	N calme	7.5	—3.2	2.6	Nuageux	»
29	751.8	5.4	92	NW faible	4.5	—4.5	2.3	Nuageux	»
30	755.4	5.0	100	SW calme	5.3	—4.1	gelée	Nuageux	»
31	759.8	3.0	100	NE calme	7.2	—8.0	0.9	Beau	»
Moy.	757.96	8.31	74.33		10.08	0.81	3.36	Pluie totale...	16.2

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE JANVIER 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	762.6	6.8	82	NE calme	14.7	0	2.6	Nuageux	traces
2	760.8	7.2	87	SSE calme	12.2	—1.6	2.1	Nuageux	»
3	756.6	9.2	80	WNW faible	10.7	—0.4	0.9	Très nuageux	»
4	760.1	9.0	54	NNW faible	9.1	4.0	2.6	Peu nuageux	»
5	769.1	8.0	39	NNW faible	10.6	0	5.8	Peu nuageux	»
6	769.6	9.2	59	NNW faible	13.0	3.3	4.8	Très nuageux	»
7	767.4	9.4	71	NNW calme	15.7	6.0	4.9	Nuageux	»
8	766.5	9.4	90	ENE très faible	14.0	—0.7	3.3	Peu nuageux	»
9	765.6	10.1	44	NNE faible	10.8	1.2	2.3	Peu nuageux	»
10	765.8	8.0	85	NW très faible	12.3	—0.1	1.5	Beau	»
11	767.0	7.0	62	NNW modéré	12.9	—3.9	1.6	Beau	»
12	769.7	8.6	76	WNW calme	13.9	—0.7	4.0	Beau	»
13	768.5	7.6	81	WNW calme	12.7	—4.2	2.6	Peu nuageux	»
14	767.5	7.0	81	NW calme	15.4	—3.7	1.1	Peu nuageux	»
15	768.2	7.2	81	NW très faible	14.3	—2.0	1.7	Beau	»
16	769.7	7.0	81	NW calme	14.3	—1.6	2.3	Beau	»
17	768.2	8.0	88	NW calme	13.9	—3.5	1.6	Beau	»
18	773.0	10.0	63	NNE faible	13.7	—1.1	0.3	Nuageux	»
19	768.2	9.0	82	NW calme	16.3	—3.4	1.7	Beau	»
20	767.2	8.0	92	NW calme	12.2	—3.5	2.1	Beau	»
21	768.1	6.4	88	NW calme	12.4	—4.2	1.6	Beau	»
22	763.1	8.9	52	NW presq. calme	11.2	—1.2	3.2	Nuageux	»
23	763.1	8.3	88	NE faible	1.9	—1.8	gelée	Neige	»
24	767.8	7.4	78	NE faible	5.7	—3.6	gelée	Très nuageux	5.0
25	764.7	10.0	88	ENE faible	10.2	0	»	Pluie	traces
26	759.8	12.0	94	NNW très faibl.	17.0	5.3	1.0	Peu nuageux	5.2
27	758.5	8.3	96	NNE fort	7.6	—0.5	4.1	Beau	»
28	765.8	6.0	88	NW presq. calme	12.0	—5.2	gelée	Nuageux	»
29	761.8	8.7	64	NW calme	9.7	—6.2	0	Très nuageux	»
30	751.8	9.7	57	NW faible	9.9	6.2	3.4	Peu nuageux	»
31	754.0	9.3	58	NW modéré	7.6	0.8	5.2	Peu nuageux	»
Moy.	764.8	8.40	75.1		11.8	-0.92	2.52	Pluie totale....	10.2

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE FÉVRIER 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	756.6	6.0	93	N faible	6.2	—2.6	6.9	Beau	»
2	759.1	5.0	»	NNE assez fort	4.6	—1.8	gelée	Nuageux	»
3	759.8	5.0	»	NNW calme	5.0	—3.8	gelée	Couvert	»
4	759.9	3.0	97	N presq. calme	6.4	—7.4	gelée	Beau	»
5	759.5	2.2	44	NNW tr. faible	7.4	—6.4	gelée	Beau	»
6	758.1	2.0	93	NW calme	9.0	—7.6	gelée	Beau	»
7	753.8	4.0	74	SSE faible	9.6	—0.6	gelée	Très nuageux	»
8	753.4	7.1	54	N calme	16.9	2.0	»	Peu nuageux	»
9	754.8	7.1	30	NW faible	15.3	—5.7	gelée	Beau	»
10	754.9	8.0	55	N calme	11.8	—3.0	»	Très nuageux	»
11	753.6	8.0	76	NW calme	14.9	—3.2	3.0	Peu nuageux	»
12	754.8	9.3	81	S calme	10.4	2.0	2.7	Couvert	»
13	745.5	10.7	97	NW très faible	9.3	5.0	1.2	Très nuageux	8.4
14	754.6	9.2	63	NW modéré	12.0	1.8	3.6	Nuageux	»
15	757.3	9.2	58	NW calme	14.4	—0.6	2.8	Beau	»
16	759.7	8.4	73	SSE calme	15.3	—3.3	2.2	Nuageux	»
17	762.7	10.3	46	NW fort	15.0	2.7	3.7	Peu nuageux	»
18	762.1	10.0	58	NNW modéré	19.5	5.1	3.2	Peu nuageux	»
19	763.9	11.1	64	NW faible	16.3	1.6	4.4	Peu nuageux	»
20	757.4	13.2	78	S calme	14.0	6.0	4.1	Très nuageux	»
21	752.1	10.5	40	NNW très fort	11.8	6.7	6.2	Très nuageux	»
22	757.9	9.0	49	NW calme	11.3	—1.2	4.8	Très nuageux	»
23	755.3	8.0	51	WSW calme	10.8	—1.4	3.0	Nuageux	»
24	758.1	9.4	71	ENE calme	15.4	2.7	3.0	Nuageux	»
25	762.9	7.0	49	N calme	15.9	—3.2	3.7	Beau	»
26	765.7	8.0	56	NNE modéré	14.0	1.4	4.6	Beau	»
27	766.2	8.0	69	NNE faible	17.4	—1.4	4.0	Beau	»
28	765.0	8.4	65	N presq. calme	19.9	—0.2	3.2	Beau	»
29	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	»	»	»	»	»	»	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moy.	758.02	7.75	64.76		12.49	—0.58	3.34	Pluie totale...	8.4

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE MARS 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	765.8	8.0	55	NNE pr. calme	18.0	—1.3	3.0	Beau	»
2	765.2	9.0	56	NW calme	20.0	—0.3	2.7	Beau	»
3	761.6	9.2	64	N calme	17.8	—0.6	3.5	Beau	»
4	760.1	9.3	67	NW très faible	16.8	0.4	7.2	Nuageux	»
5	764.8	8.4	93	NNW faible	3.8	0.7	1.8	Couvert	72.0
6	765.0	8.0	78	SW calme	5.9	—0.9	0.1	Brouillard	28.0
7	764.1	8.5	64	NW faible	12.4	1.6	0.3	Nuageux	19.5
8	764.9	8.4	57	NW modéré	14.5	2.4	3.7	Nuageux	»
9	766.4	10.4	52	NW assez fort	14.9	5.4	4.9	Nuageux	»
10	764.4	12.3	65	NW fort	16.8	7.9	5.3	Nuageux	»
11	755.3	13.0	64	NW modéré	17.0	0.8	6.5	Nuageux	»
12	761.4	9.0	23	NNE fort	11.2	—3.0	6.5	Beau	»
13	765.6	7.3	36	NW presq. calme	13.0	—2.4	5.4	Nuageux	»
14	761.2	9.4	50	NW assez fort	15.2	4.7	6.2	Nuageux	»
15	764.6	9.5	38	NNE faible	16.7	2.8	5.4	Beau	»
16	763.8	10.0	54	SE calme	20.0	0.8	3.8	Beau	»
17	760.9	11.0	75	ESE très faible	16.3	1.7	3.2	Brumeux	»
18	762.8	12.4	48	NW modéré	23.2	9.8	3.8	Nuageux	»
19	762.4	15.0	64	WNW modéré	23.4	12.0	6.2	Nuageux	»
20	768.2	13.0	40	NW presq. calme	26.5	2.4	4.8	Peu nuageux	»
21	765.9	13.4	24	NNE assez fort	20.4	6.8	6.6	Beau	»
22	768.0	12.0	32	NNE modéré	21.7	1.2	6.3	Beau	»
23	760.5	11.6	26	NW faible	22.9	1.5	5.2	Beau	»
24	758.4	12.9	40	WNW pr. calme	18.2	5.3	7.4	Peu nuageux	»
25	766.3	11.5	33	NNE modéré	19.0	3.0	5.6	Beau	»
26	765.3	11.8	52	NW calme	19.1	1.3	3.4	Nuageux	»
27	762.6	11.2	56	ENE pr. calme	21.1	0.8	3.9	Beau	»
28	763.9	11.5	76	ESE pr. calme	19.0	3.8	3.2	Nuageux	»
29	762.7	11.0	70	ENE pr. calme	18.5	2.5	3.4	Peu nuageux	»
30	758.1	10.5	57	ESE calme	21.2	0	3.0	Beau	»
31	759.5	12.2	69	ENE faible	19.1	4.4	»	Très nuageux	»
Moy.	763.21	10.66	54.12		17.53	2.11	4.41	Pluie totale...	119.5

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS D'AVRIL 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	757.8	13.5	80	ENE très faible	16.7	9.7	2.1	Couvert	»
2	754.1	12.0	68	NE calme	19.1	2.6	1.8	Très nuageux	»
3	744.9	13.4	95	SSE fort	11.4	10.8	2.4	Pluie	8.0
4	741.4	11.0	59	NNW calme	15.0	2.7	1.1	Très nuageux	36.0
5	745.0	10.4	57	NNW fort	15.0	7.0	4.0	Nuageux	traces
6	750.2	11.1	61	NW faible	18.6	5.6	4.6	Très nuageux	»
7	751.8	12.0	54	NW modéré	18.0	6.6	4.8	Nuageux	»
8	753.2	11.8	64	W faible	18.6	4.8	5.5	Nuageux	»
9	755.2	12.0	67	SSW pr. calme	18.7	4.6	4.9	Nuageux	»
10	752.7	12.3	48	NW fort	17.6	6.0	2.5	Nuageux	3.0
11	753.7	12.4	45	NNW faible	19.5	7.3	4.9	Peu nuageux	»
12	749.0	14.0	95	SSE assez fort	11.7	6.2	3.9	Pluie	9.0
13	746.9	12.4	70	NE calme	18.8	6.0	0	Très nuageux	42.0
14	748.3	12.6	59	NNW fort	19.0	4.6	1.9	Peu nuageux	1.0
15	745.7	12.0	45	NNW faible	18.9	4.2	5.4	Nuageux	»
16	744.8	12.4	48	NNW modéré	19.5	6.7	5.2	Nuageux	»
17	744.6	13.0	47	NNE modéré	20.3	4.8	3.3	Très nuageux	2.0
18	749.2	13.0	39	NNW modéré	19.6	7.0	4.2	Peu nuageux	»
19	752.9	12.0	63	NNW fort	17.2	4.6	7.4	Peu nuageux	»
20	757.0	12.0	40	N faible	19.4	4.0	5.8	Beau	»
21	762.8	12.0	36	NNE tr. faible	20.0	1.6	5.2	Peu nuageux	»
22	766.1	12.4	67	NE calme	20.6	3.8	2.6	Nuageux	»
23	765.2	14.0	37	NNE faible	26.6	7.4	3.1	Beau	»
24	764.1	16.0	36	NNW calme	30.8	8.5	5.2	Beau	»
25	760.5	18.4	34	N modéré	30.1	12.0	8.4	Beau	»
26	756.6	19.5	37	WSW calme	29.8	11.0	7.4	Peu nuageux	»
27	749.1	17.2	41	NNW fort	19.0	12.8	8.7	Très nuageux	»
28	748.5	16.0	33	NNW assez fort	17.5	5.9	4.4	Nuageux	»
29	755.5	14.0	34	NW fort	16.8	5.6	7.2	Nuageux	»
30	759.5	14.5	50	NW faible	18.0	8.5	7.0	Très nuageux	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moy.	752.87	13.31	53.63		19.39	6.43	4.49	Pluie totale...	101.0

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A A STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE MAI 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ÉTAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	760.3	14.0	46	NW assez fort	16.2	7.0	5.8	Très nuageux	traces
2	762.7	12.4	43	NW modéré	18.4	3.2	5.4	Peu nuageux	»
3	761.8	14.0	59	WSW faible	23.7	6.6	4.8	Peu nuageux	»
4	760.0	15.8	98	E très faible	22.8	7.8	3.1	Peu nuageux	»
5	756.6	15.0	67	E très faible	14.4	6.5	2.0	Couvert	»
6	753.4	14.3	81	SE fort	13.0	10.3	1.8	Couvert	8.0
7	759.7	15.0	69	SE modéré	19.9	9.5	0.8	Peu nuageux	9.0
8	761.7	15.4	93	S faible	16.1	11.9	1.8	Pluie	6.0
9	761.7	14.4	67	ENE calme	22.2	6.5	0.8	Peu nuageux	8.3
10	760.8	15.4	72	NE très faible	22.8	9.2	1.7	Peu nuageux	»
11	759.9	16.0	53	SE faible	25.2	7.7	3.0	Peu nuageux	»
12	758.4	17.3	45	SE très faible	25.4	8.9	3.1	Nuageux	»
13	759.8	17.9	56	E presq. calme	23.3	9.6	3.8	Nuageux	5.0
14	759.1	18.0	68	SE faible	22.6	9.0	2.5	Très nuageux	traces
15	754.9	18.4	71	NW modéré	26.8	14.0	2.2	Nuageux	»
16	758.1	17.3	67	NE calme	27.1	8.0	3.0	Nuageux	4.8
17	758.0	18.4	49	NNW faible	25.8	10.0	4.1	Nuageux	»
18	756.2	17.0	40	NNW très faible	19.2	8.0	5.0	Nuageux	1.7
19	752.4	15.0	33	NNW fort	17.0	5.8	7.2	Très nuageux	»
20	754.1	14.7	33	N faible	23.0	5.9	6.7	Beau	»
21	756.2	15.3	75	ENE faible	19.6	6.5	4.4	Très nuageux	»
22	759.2	16.1	76	SE modéré	18.7	11.0	1.9	Couvert	2.3
23	755.7	16.0	90	ESE modéré	23.0	11.8	2.0	Très nuageux	2.3
24	757.5	17.4	87	SSE très faible	26.8	13.0	2.5	Couvert	1.9
25	757.6	18.9	56	N calme	29.4	12.7	2.6	Très nuageux	traces
26	757.6	19.8	44	NNE calme	30.4	12.9	4.4	Peu nuageux	»
27	756.7	20.5	49	WSW calme	30.0	11.7	3.9	Peu nuageux	»
28	757.1	21.3	76	SSW pr. calme	25.9	13.9	3.3	Très nuageux	»
29	757.4	21.0	58	NNW faible	25.6	14.0	2.8	Nuageux	»
30	757.9	20.7	42	NW faible	30.8	15.3	6.4	Peu nuageux	»
31	756.2	21.8	56	SE faible	26.6	12.2	5.8	Très nuageux	»
Moy.	758.02	16.91	61.9		22.95	9.69	3.50	Pluie totale...	49.8

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE JUIN 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	754.1	21.3	45	NW modéré	27.6	13.2	3.4	Nuageux	»
2	754.4	20.4	38	NNW assez fort	27.1	11.9	4.6	Nuageux	»
3	759.3	19.3	41	NNW assez fort	25.9	11.0	9.7	Peu nuageux	»
4	760.0	20.0	41	NNW modéré	29.8	14.0	8.8	Nuageux	»
5	757.5	20.4	33	NE très faible	30.2	9.2	5.5	Nuageux	»
6	757.3	21.3	35	NNW modéré	27.0	14.4	7.5	Nuageux	»
7	758.1	21.4	35	NNW très faible	32.7	13.6	8.4	Nuageux	traces
8	758.2	21.3	59	S calme	28.4	10.3	4.8	Beau	»
9	757.5	22.1	69	E presq. calme	25.3	14.4	4.3	Peu nuageux	traces
10	757.7	22.2	64	NE faible	28.8	14.0	3.3	Nuageux	»
11	758.4	23.0	57	NNW calme	32.0	13.8	2.8	Nuageux	»
12	757.8	22.7	94	SE faible	24.8	15.9	3.1	Pluie	traces
13	758.2	20.1	78	NW faible	19.0	11.9	2.4	Pluie	8.7
14	758.8	18.4	53	NNW modéré	26.0	13.4	4.2	Très nuageux	traces
15	760.5	19.7	39	NNE faible	31.7	13.8	7.4	Beau	»
16	760.5	22.0	43	NNE très faible	32.4	13.8	5.3	Peu nuageux	»
17	759.3	22.2	30	NNW faible	33.2	11.6	6.8	Beau	»
18	758.4	23.0	35	NNW calme	32.6	12.9	7.3	Nuageux	»
19	759.2	24.1	32	NW presq. calme	33.9	18.0	8.0	Beau	»
20	759.4	25.0	41	NNW calme	34.9	14.1	9.3	Beau	»
21	759.3	25.3	96	ESE calme	29.8	15.0	5.9	Nuageux	»
22	759.8	25.1	35	ENE calme	23.9	16.3	3.7	Très nuageux	traces
23	762.0	21.4	87	NNW calme	25.5	13.8	2.3	Nuageux	7.0
24	762.6	21.0	39	N très faible	28.9	11.0	6.9	Peu nuageux	»
25	761.2	22.0	36	NW faible	29.0	12.4	7.8	Peu nuageux	»
26	760.2	22.6	44	NW calme	32.8	13.0	8.6	Peu nuageux	»
27	760.8	23.4	56	ENE calme	30.9	14.1	5.6	Nuageux	»
28	759.9	24.0	46	E pr. calme	33.2	13.7	4.1	Nuageux	»
29	758.0	24.4	64	ENE faible	29.6	15.8	4.8	Nuageux	»
30	753.7	23.0	66	SSE très faible	27.6	16.8	2.6	Nuageux	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moy.	758.73	22.07	51.03		29.15	13.57	5.64	Pluie totale...	15.7

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE JUILLET 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	750.7	22.4	94	ESE assez fort	24.4	18.8	2.8	Très nuageux	traces
2	755.9	20.0	56	WNW assez fort	21.6	12.9	6.5	Nuageux	7.6
3	759.7	19.2	41	NW faible	25.2	5.6	4.5	Peu nuageux	»
4	760.7	20.4	72	ENE très faible	26.6	9.8	5.6	Très nuageux	»
5	761.9	21.2	56	S pr. calme	27.8	12.6	2.7	Peu nuageux	»
6	761.2	22.5	48	NNE faible	31.8	13.5	4.4	Nuageux	»
7	759.6	22.7	40	NW calme	29.1	14.1	7.0	Nuageux	»
8	757.9	21.0	50	NW faible	25.5	10.8	9.0	Nuageux	1.0
9	763.3	20.0	40	NW très faible	30.0	12.3	8.1	Beau	»
10	764.2	21.6	45	NW calme	31.6	10.1	7.4	Beau	»
11	764.4	22.3	35	NNW faible	29.8	16.9	10.1	Peu nuageux	»
12	763.0	21.1	27	NNW faible	31.8	10.1	9.1	Beau	»
13	762.1	22.0	29	NE modéré	32.4	11.1	9.9	Beau	»
14	761.1	23.1	31	NNE faible	32.6	12.0	8.7	Nuageux	»
15	759.0	23.8	29	NNW calme	35.7	12.2	7.5	Beau	»
16	758.8	24.7	38	NNE faible	32.0	15.0	8.8	Beau	»
17	758.6	24.0	43	NNE p. calme	34.1	14.7	5.7	Brumeux	»
18	755.9	25.3	42	NW calme	34.2	16.6	5.6	Nuageux	»
19	755.7	25.7	39	ESE calme	32.9	15.8	6.7	Brumeux	»
20	758.1	25.5	46	W calme	34.4	16.5	6.6	Brumeux	»
21	756.5	25.8	53	NNW calme	35.9	18.6	7.8	Nuageux	»
22	756.1	26.1	41	NNW modéré	34.9	19.0	8.4	Peu nuageux	»
23	756.1	26.0	43	SW très faible	34.9	16.0	7.7	Nuageux	»
24	756.1	25.4	83	S modéré	28.3	15.8	4.6	Très nuageux	»
25	754.5	25.1	84	SSW pr. calme	29.0	17.8	2.6	Nuageux	»
26	756.2	23.0	55	NW assez fort	28.2	18.9	4.2	Nuageux	4.0
27	758.8	24.4	39	NNE pr. calme	35.7	17.1	8.1	Peu nuageux	»
28	760.7	26.4	36	NNE faible	38.6	16.4	7.2	Beau	»
29	759.7	26.6	46	SW calme	36.2	17.0	5.4	Beau	»
30	757.1	26.0	72	SSW faible	32.1	18.5	5.7	Très nuageux	1.5
31	758.1	22.6	41	NNW modéré	31.4	15.9	8.3	Peu nuageux	»
Moy.	758.76	23.41	48.19		31.24	14.59	6.66	Pluie totale...	14.1

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS D'AOUT 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	757.6	22.4	29	NNE pr. calme	32.6	11.0	8.5	Beau	»
2	759.5	23.5	35	NE pr. calme	34.8	13.6	7.1	Peu nuageux	»
3	759.8	25.0	43	SSE calme	36.0	15.7	7.4	Beau	»
4	758.9	25.9	43	SSE faible	34.1	16.1	6.7	Beau	»
5	757.9	26.0	61	NE faible	30.5	19.1	4.4	Nuageux	»
6	757.5	25.1	85	ESE faible	32.2	19.0	4.1	Nuageux	»
7	758.9	24.6	86	SSE calme	34.2	20.4	3.5	Nuageux	0.5
8	761.7	25.4	41	NNE modéré	37.9	17.8	5.2	Peu nuageux	»
9	759.6	27.0	46	ENE calme	36.7	17.7	8.1	Peu nuageux	»
10	755.1	26.9	53	ENE faible	33.3	18.9	6.6	Très nuageux	traces
11	759.4	25.0	53	SW calme	36.0	17.2	2.4	Beau	5.0
12	756.8	26.2	48	N calme	36.1	17.2	6.3	Peu nuageux	»
13	758.6	26.0	33	ENE pr. calme	38.4	16.7	8.7	Beau	»
14	760.8	27.7	34	NNE faible	37.2	16.4	9.2	Beau	»
15	756.5	26.0	54	SSE calme	33.1	16.3	6.9	Très nuageux	»
16	760.2	21.6	43	NE modéré	27.9	14.1	8.4	Nuageux	0.5
17	761.2	22.3	38	NW assez fort	30.3	13.4	9.2	Nuageux	»
18	760.8	24.3	39	NE modéré	34.3	15.9	8.4	Beau	»
19	760.5	23.7	56	SSE pr. calme	31.0	14.8	5.6	Beau	»
20	759.3	25.0	70	ESE pr. calme	33.4	20.6	3.5	Peu nuageux	traces
21	763.1	21.4	34	NNE faible	30.6	13.8	8.9	Beau	»
22	764.2	21.0	31	NNE pr. calme	33.2	9.0	9.1	Beau	»
23	762.1	21.3	39	NE pr. calme	30.0	12.4	7.5	Peu nuageux	»
24	760.2	21.5	45	S calme	32.9	12.4	6.2	Nuageux	»
25	761.4	22.1	50	S pr. calme	33.7	13.6	6.8	Peu nuageux	»
26	761.7	22.7	50	NE faible	32.9	12.8	5.9	Beau	»
27	761.7	22.3	80	SSE tr. faible	30.5	16.5	3.9	Brumeux	»
28	761.5	23.2	52	ESE tr. faible	29.3	17.5	2.6	Très nuageux	»
29	760.5	22.2	71	NE tr. faible	30.4	16.8	2.4	Très nuageux	»
30	761.1	22.4	55	N calme	34.1	13.7	2.4	Peu nuageux	traces
31	759.1	22.9	72	SE pr. calme	30.6	15.4	5.6	Nuageux	»
Moy.	759.90	23.95	50.61		33.16	15.67	6.17	Pluie totale...	6.0

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE SEPTEMBRE 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	758.6	23.3	64	NNE calme	32.7	17.6	3.2	Nuageux	»
2	758.5	22.8	80	NNE calme	29.5	16.4	3.2	Très nuageux	»
3	755.3	22.7	47	NW assez fort	27.3	17.1	2.9	Très nuageux	»
4	757.8	22.0	45	NNW assez fort	28.9	16.5	6.9	Nuageux	traces
5	762.2	21.4	28	NNW pr. calme	34.4	15.2	9.6	Beau	»
6	762.4	23.2	43	NNE très faible	35.4	13.6	7.2	Beau	»
7	763.5	22.3	53	NE faible	31.8	13.6	5.9	Beau	»
8	765.2	22.0	43	NNE calme	33.3	11.6	4.6	Beau	»
9	764.9	22.6	55	SE pr. calme	33.6	13.8	5.6	Peu nuageux	»
10	761.4	22.3	46	NE pr. calme	31.8	14.3	5.2	Peu nuageux	»
11	762.2	22.0	85	ENE pr. calme	28.3	18.4	3.9	Couvert	»
12	763.2	22.5	83	ENE très faible	25.7	18.3	1.3	Très nuageux	»
13	762.5	19.4	85	NE pr. calme	25.7	16.2	0.5	Très nuageux	36.5
14	762.3	20.0	73	N pr. calme	28.4	13.8	1.5	Nuageux	traces
15	761.9	20.6	57	NNW faible	26.9	13.9	2.7	»	»
16	761.2	19.3	39	NNW faible	27.0	11.2	4.6	Beau	»
17	761.8	18.0	39	NNW tr. faible	28.4	7.5	5.5	Beau	»
18	762.6	16.2	98	NNE calme	28.8	8.7	4.9	Beau	»
19	762.4	18.0	96	NNE tr. faible	29.4	11.1	4.6	Beau	»
20	762.8	19.5	65	SSE très faible	28.8	11.0	4.5	Beau	»
21	763.5	19.5	63	S très faible	29.0	10.2	3.8	Beau	»
22	761.2	20.0	65	SW tr. faible	31.6	13.2	3.1	Beau	»
23	762.0	20.4	55	NE tr. faible	28.2	14.0	5.3	Beau	»
24	762.1	20.0	78	NE tr. faible	28.2	13.8	3.0	Nuageux	»
25	755.7	19.8	92	E modéré	25.2	15.1	2.5	Couvert	10.5
26	755.4	18.9	90	SSE faible	22.3	12.5	2.1	Pluie	10.3
27	750.8	20.6	89	SSE fort	21.4	12.2	1.6	Pluie	83.1
28	753.1	19.0	94	SE modéré	22.7	15.7	0.6	Très nuageux	17.7
29	754.1	18.0	76	ENE calme	23.7	11.6	1.7	Nuageux	24.6
30	752.1	19.6	75	S assez fort	23.4	16.1	3.0	Nuageux	9.8
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moy.	760.09	20.54	66.70		28.39	13.80	3.83	Pluie totale...	192.5

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS D'OCTOBRE 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	État hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	756.7	17.4	80	SW calme	24.2	10.7	2.0	Nuageux	8.7
2	757.3	17.1	64	NNW faible	23.0	13.2	2.6	Nuageux	1.0
3	749.3	18.1	96	NW calme	20.6	12.3	3.5	Très nuageux	1.5
4	753.6	15.7	66	NW faible	21.0	8.4	2.9	Nuageux	2.7
5	757.5	16.2	51	NNW faible	25.2	9.7	2.8	Peu nuageux	»
6	758.9	16.1	58	NNW modéré	23.1	9.7	4.0	Peu nuageux	»
7	756.8	17.3	84	SE pr. calme	25.2	13.4	4.2	Très nuageux	1.5
8	751.2	18.9	88	SSW pr. calme	22.6	14.6	1.5	Pluie	»
9	749.2	18.8	91	SSW modéré	21.3	15.2	1.9	Très nuageux	49.8
10	758.3	15.4	77	NE tr. faible	21.9	8.5	1.5	Nuageux	»
11	763.1	18.6	90	SSE modéré	20.9	15.6	3.0	Couvert	0.5
12	763.5	17.6	81	NE pr. calme	23.6	12.8	1.4	Très nuageux	»
13	757.1	17.6	91	ESE faible	21.8	14.4	1.8	Nuageux	24.5
14	748.9	18.0	80	SW tr. faible	22.0	13.0	1.4	Nuageux	3.5
15	744.5	16.5	86	NNW faible	19.6	10.8	2.5	Nuageux	8.8
16	740.8	18.1	87	SW assez fort	18.0	10.3	2.9	Pluie	8.0
17	744.8	13.5	60	NW tr. faible	18.8	8.0	1.1	Peu nuageux	95.9
18	751.3	13.1	66	NNW calme	17.5	4.4	2.8	Nuageux	»
19	755.7	14.8	93	NE très faible	17.0	11.8	2.8	Très nuageux	traces
20	757.4	16.1	76	SSE modéré	19.2	12.8	3.3	Très nuageux	»
21	756.3	17.4	94	SSE assez fort	19.1	16.4	1.2	Couvert	4.0
22	756.3	18.4	98	NNW pr. calme	17.2	14.4	1.1	Pluie	23.0
23	755.4	17.3	93	NE calme	17.2	13.4	0.2	Pluie	71.6
24	753.3	16.1	81	NW tr. faible	19.4	10.4	0.5	Nuageux	41.8
25	752.7	14.7	56	NW modéré	18.0	10.0	4.0	Nuageux	»
26	749.0	13.8	64	NNW ass. fort	17.1	9.2	7.4	Nuageux	»
27	750.4	13.5	47	NNW tr. faible	16.1	7.8	3.9	Très nuageux	»
28	748.9	13.1	57	NW pr. calme	18.5	5.4	2.8	Nuageux	»
29	743.8	13.0	86	NNE tr. faible	20.3	5.9	1.8	Nuageux	»
30	744.0	14.5	64	NNW pr. calme	21.2	10.0	1.1	Nuageux	»
31	752.1	15.0	78	NNE faible	21.0	8.7	2.5	Très nuageux	»
Moy.	752.84	16.18	76.87		20.37	11.00	2.46	Pluie totale...	346.8

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

Altitude : 42m62

MOIS DE NOVEMBRE 1907

DATES	9 heures du matin				TEMPÉRATURES		ÉVAPORATION en 24 heures	ETAT DU CIEL A MIDI	PLUIE en 24 heures
	Baromètre à zéro	Thermomètre du baromètre	Etat hygrométrique en centièmes	VENT	Maxima	Minima			
	m/m						m/m		m/m
1	754.4	16.7	91	E pr. calme	20.6	13.9	0.9	Très nuageux	»
2	748.4	16.6	91	NE très faible	19.7	13.6	1.5	Couvert	1.2
3	745.8	17.0	98	ESE faible	18.4	13.2	0.8	Pluie	28.2
4	748.5	16.1	91	NNW tr. faible	20.4	12.8	0.3	Très nuageux	50.2
5	755.0	15.0	95	NNW calme	19.7	8.5	1.4	Très nuageux	»
6	755.7	15.2	82	ENE faible	18.6	10.7	0.8	Très nuageux	»
7	755.3	15.1	83	ENE faible	16.4	11.2	1.5	Pluie	13.5
8	754.5	15.8	93	SSE assez fort	17.2	10.9	0.9	Très nuageux	24.4
9	751.4	15.2	97	NE modéré	14.6	10.9	0.6	Pluie	8.3
10	754.6	15.0	93	ESE faible	18.0	10.0	0.3	Très nuageux	67.2
11	753.2	15.4	93	NNE faible	17.6	12.5	0.5	Pluie	5.4
12	750.0	15.3	86	SW tr. faible	19.8	10.7	0.6	Nuageux	7.8
13	757.6	13.4	61	NW modéré	18.8	8.9	3.9	Nuageux	»
14	760.1	13.1	65	NNW modéré	18.4	9.4	5.8	Beau	»
15	759.9	11.2	60	NNE pr. calme	17.7	3.4	2.5	Nuageux	»
16	760.3	11.0	74	NW pr. calme	18.0	9.9	1.9	Très nuageux	»
17	759.0	11.1	74	NW tr. faible	16.3	4.7	1.0	Peu nuageux	»
18	759.0	10.0	74	NNE faible	16.1	3.0	1.3	Brumeux	»
19	763.5	13.1	81	NE faible	16.0	4.6	1.3	Nuageux	»
20	761.3	13.2	84	NE pr. calme	15.1	5.8	1.1	Brumeux	»
21	761.6	12.6	91	NW pr. calme	14.2	2.6	0.7	Brumeux	»
22	760.9	11.4	90	NW tr. faible	13.4	—0.1	0.9	Brumeux	»
23	756.2	10.1	80	NW tr. faible	13.2	—0.5	0.9	Brumeux	»
24	759.2	10.1	72	NW calme	14.5	2.3	1.7	Nuageux	»
25	759.4	9.8	89	NW faible	14.6	2.2	4.1	Peu nuageux	»
26	756.8	11.0	79	NNE calme	12.8	4.8	1.7	Couvert	1.5
27	755.7	14.8	89	SE faible	18.2	3.0	1.1	Nuageux	traces
28	759.3	15.5	96	SE assez fort	15.9	13.2	1.5	Très nuageux	»
29	761.3	15.5	95	E modéré	16.2	11.5	1.0	Nuageux	»
30	762.5	9.9	83	NE faible	16.1	10.9	1.1	Nuageux	0.4
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moy.	756.68	13.50	84.33		16.88	7.97	1.45	Pluie totale...	208.1

STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

ANNÉE 1907 — Observateur : M. **GABAUDAN** — ALTITUDE 42m62

	TEMPÉRATURES							BAROMÈTRE à 9 heures			
	Moyennes des maxima M	Moyennes des minima	Moyennes générales $\frac{M+m}{2}$	Différences M — m	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus	Moyennes	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus
								m/m	m/m	m/m	m/m
Décembre 1906	10.08	0.91	5.44	9.27	16.5	— 8.0	24.5	757.96	765.4	745.2	20.2
Janvier 1907	11.86	— 0.92	5.47	12.78	17.0	— 6.2	23.2	764.80	773.0	751.8	21.2
Février	12.49	— 0.58	5.95	13.07	19.9	— 7.6	27.5	758.02	766.2	745.5	20.7
Mars	17.53	2.11	9.82	15.42	26.5	— 3.0	29.5	763.21	768.2	755.3	12.9
Avril	19.39	6.43	12.91	12.96	30.8	1.6	29.2	752.87	766.1	741.4	24.7
Mai	22.95	9.69	16.32	13.26	30.8	3.2	27.6	758.02	762.7	752.4	10.3
Juin	29.15	13.57	21.36	15.58	34.9	9.2	25.7	758.73	762.6	753.7	8.9
Juillet	31.24	14.59	22.91	16.65	38.6	5.6	33.0	758.76	764.4	750.7	13.7
Août	33.16	15.67	24.41	17.49	38.4	9.0	29.4	759.90	764.2	755.1	9.1
Septembre	28.39	13.80	21.09	14.59	35.4	7.5	27.9	760.09	765.2	750.8	14.4
Octobre	20.37	11.00	15.68	9.37	25.2	4.4	20.8	752.84	763.5	740.8	22.7
Novembre	16.88	7.97	12.42	8.91	20.6	— 0.5	21.1	756.68	763.5	745.8	17.7
Hiver	11.47	— 0.23	5.62	11.70	19.9	— 8.0	27.9	760.26	773.0	745.2	27.8
Printemps	19.95	6.07	13.01	13.88	30.8	— 3.0	33.8	758.03	768.2	741.4	26.8
Eté	31.18	14.61	22.89	16.57	38.6	5.6	33.0	759.13	764.4	750.7	13.7
Automne	21.88	10.92	16.39	10.95	35.4	— 0.5	35.9	756.53	765.2	740.8	24.4
Année	21.12	7.84	14.47	13.27	38.6	— 8.0	46.6	758.49	773.0	740.8	32.2

OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES faites dans le département de l'Hérault

par le Service hydraulique des Ponts et Chaussées. — Année 1907.

STATIONS	BASSIN DE L'AUDE		BASSINS DE L'HÉRAULT ET DE L'ERGUE											
	Capestang		Le Caylar		Lodève		St-Bauzille		Col de la Cardonnille		Gignac		Agde		Cette	
ALTITUDES	7 m.		747 m.		174 m.		138 m.		317 m.		59 m.		9 m.		»	
	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS	PLUIE	JOURS
	m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m	
Décembre 1906	49	4	129	11	72	9	31	4	38	4	21	3	25	5	13	4
Janvier 1907	110	3	68	6	66	5	40	3	41	3	29	2	17	1	8	1
Février	7	2	33	5	37	4	25	1	29	1	14	1	2	1	5	2
Mars	31	2	54	5	58	3	107	3	128	3	102	3	42	2	123	2
Avril	54	5	113	11	103	5	131	5	141	5	89	4	35	3	97	3
Mai	39	4	171	11	208	8	120	7	128	7	97	6	9	2	26	6
Juin	Néant		20	3	18	4	24	4	26	4	18	1	23	3	24	3
Juillet	Néant		9	3	10	1	34	3	38	3	29	2	35	2	4	1
Août	3	1	18	3	6	2	25	5	32	5	Néant		23	2	6	2
Septembre	144	8	302	7	500	9	570	9	569	9	545	7	106	6	76	5
Octobre	238	10	445	14	414	17	929	17	877	17	313	10	248	8	322	9
Novembre	500	7	434	11	489	9	484	10	498	11	260	8	214	6	85	7
Hiver	166	9	230	22	175	18	96	8	108	8	64	6	44	7	26	7
Printemps	124	11	338	27	369	16	358	15	397	15	288	13	86	7	246	11
Été	3	1	47	9	34	7	83	12	96	12	47	3	81	7	34	6
Automne	882	25	1181	32	1403	35	1983	36	1944	37	1118	25	568	20	483	21
Année	1175	46	1796	90	1981	76	2520	71	2545	72	1517	47	779	41	789	45

OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES faites dans le département de l'Hérault

par le Service hydraulique des Ponts et Chaussées. — Année 1907.

STATIONS	BASSIN DE L'AGOUT				BASSINS DE L'ORB ET DU JAUR										BASSINS DU LEZ ET DU VIDOURLE			
	La Salvetat		Le Cabaretou sommet du Sommail		Saint-Pons		Bédarieux		Saint-Gervais		Baraque au sommet de l'Escandolgue		Béziers		St-Mathieu-de-Tréviez		Lunel	
ALTITUDES	702 m.		1018 m.		328 m.		125 m.		334 m.		535 m.		69 m.		141 m.		15 m.	
	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS	PLUIE m/m	JOURS
Décembre 1906	182	12	173	13	43	11	75	7	33	3	65	5	31	3	25	3	»	»
Janvier 1907	265	13	169	12	83	6	102	5	54	2	53	5	69	2	19	3	»	»
Février	47	5	88	9	8	4	17	1	8	2	38	4	1	1	19	1	»	»
Mars	89	7	85	9	13	7	60	3	Néant		49	3	21	1	118	3	»	»
Avril	335	14	262	18	51	10	116	5	19	4	97	6	60	4	128	3	»	»
Mai	240	8	200	13	56	8	130	7	135	4	203	6	41	5	81	2	»	»
Juin	37	3	43	5	Néant		18	3	7	2	12	3	9	2	23	2	»	»
Juillet	75	6	117	7	2	1	3	1	2	2	9	1	11	1	33	1	»	»
Août	57	4	51	5	2	2	25	3	14	2	10	2	Néant		5	1	»	»
Septembre	278	9	297	11	57	10	312	9	448	6	438	7	141	5	407	7	»	»
Octobre	360	14	364	15	117	13	393	15	171	6	365	17	243	8	388	8	»	»
Novembre	232	12	271	17	117	11	503	13	189	10	467	11	387	4	376	5	»	»
Hiver	494	30	430	34	134	21	194	13	95	7	156	12	101	6	63	7	»	»
Printemps	664	29	547	40	120	25	306	15	154	8	349	15	122	10	327	8	»	»
Eté	169	13	211	17	4	3	46	7	23	6	31	6	20	3	61	4	»	»
Automne	870	35	932	43	291	34	1208	37	808	22	1270	35	771	17	1171	20	»	»
Année	2197	107	2120	134	549	83	1754	72	1080	43	1806	68	1014	36	1622	39	»	»

STATION DE MONTPELLIER (École d'Agriculture)

ANNÉE 1907 — Observateur : **M. GABAUDAN** — ALTITUDE 42m62

	ETAT HYGROMÉTRIQUE à 9 heures				ÉVAPORATION en 24 heures				PLUIE TOTALE
	Moyennes	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus	Moyennes	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus	en millimètres
					m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
Décembre.. 1906.....	74.33	100	36	64	3.36	8.2	0.9	7.3	16.2
Janvier 1907.....	75.10	96	39	57	2.52	5.8	0.0	5.8	10.2
Février	64.76	97	30	67	3.34	6.9	1.2	5.7	8.4
Mars.....	54.12	93	23	70	4.41	7.4	0.1	7.3	119.5
Avril.....	53.63	95	33	62	4.49	8.7	0.0	8.7	101.0
Mai.....	61.90	98	33	65	3.50	7.2	0.8	6.4	49.8
Juin	51.03	96	30	66	5.64	9.7	2.3	7.4	15.7
Juillet.....	48.19	94	27	67	6.66	10.1	2.6	7.5	14.1
Août	50.61	86	29	57	6.17	9.2	2.4	6.8	6.0
Septembre.....	66.70	98	28	70	3.83	9.6	0.5	9.1	192.5
Octobre	76.87	98	47	51	2.46	7.4	0.2	7.2	346.8
Novembre.....	84.33	98	60	38	1.45	5.8	0.3	5.5	208.1
Hiver.....	71.39	100	30	70	3.07	8.2	0.0	8.2	34.8
Printemps.....	56.55	98	23	75	4.13	8.7	0.0	8.7	270.3
Eté.....	49.94	96	27	69	6.15	10.1	2.3	7.8	35.8
Automne.....	75.96	98	28	70	2.58	9.6	0.2	9.4	747.4
Année.....	63.46	100	23	77	3.98	10.1	0.0	10.1	1.088.3

STATION DE MONTPELLIER (École Normale — Directeur : M. VIEILLOT)

ANNÉE 1907 — Observateurs : MM. les Élèves-Maîtres — ALTITUDE 30m80

	TEMPÉRATURES							PLUIE
	Moyennes des maxima M	Moyennes des minima m	Moyennes générales $\frac{M+m}{2}$	Différences $M-m$	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus	en millimètres
								m/m
Décembre 1906	10.22	0.42	5.32	9.80	17.5	— 8.0	25.5	14.1
Janvier 1907	12.04	— 1.38	5.33	13.42	17.2	— 7.0	24.2	10.0
Février	11.46	— 1.25	5.10	12.71	17.5	—10.0	27.5	»
Mars	14.88	2.28	8.58	12.60	23.0	— 2.6	25.6	124.0
Avril	17.38	4.94	11.16	12.44	28.5	0.4	28.1	106.0
Mai	20.58	7.39	13.98	13.19	28.0	0.8	27.2	47.6
Juin	26.33	10.70	18.51	15.63	32.5	4.0	28.5	»
Juillet	29.80	12.37	21.08	17.43	36.0	8.6	27.4	11.8
Août	31.12	14.39	22.75	16.73	38.5	8.5	30.0	19.0
Septembre	25.49	11.25	18.37	14.24	34.0	6.0	28.0	164.5
Octobre	20.37	8.01	14.19	12.36	25.0	0.8	24.2	235.0
Novembre	16.08	6.87	11.47	9.21	19.8	— 4.6	24.4	232.6
Hiver	11.24	— 0.73	5.25	11.97	17.5	—10.0	27.5	24.1
Printemps	17.61	4.87	11.24	12.74	28.5	— 2.6	31.1	277.6
Eté	29.08	12.48	20.78	16.59	38.5	4.0	34.5	30.8
Automne	20.64	8.71	14.67	11.93	34.0	— 4.6	38.6	632.1
Année	19.64	6.33	12.98	13.30	38.5	—10.0	48.5	964.6

STATION DE CETTE

ANNÉE 1907

Observateur : **M. FLOURY**, professeur

	TEMPÉRATURES							BAROMÈTRE à zéro	ÉTAT hygrométrique en centièmes	ÉVAPORATION en 24 heures	PLUIE TOTALE	NOMBRE DE JOURS de pluie
	Moyennes des maxima M	Moyennes des minima m	Moyennes générales $\frac{M + m}{2}$	Différences $M - m$	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus					
								m/m	m/m	m/m	m/m	
Décembre 1906	9.11	2.52	5.81	6.59	14.8	4.2	10.6	761.75	55.90	3.19	14.5	5
Janvier 1907	9.50	2.41	5.95	7.09	13.4	— 2.2	15.6	768.82	53.55	2.57	22.0	3
Février	9.79	1.87	5.83	7.92	15.0	— 6.4	21.4	762.26	41.35	3.90	7.0	2
Mars	14.62	5.16	9.89	9.46	21.4	0.0	21.4	765.32	45.03	4.07	131.5	3
Avril	17.15	8.62	12.88	8.53	29.2	3.2	26.0	757.11	46.70	4.50	92.0	7
Mai	20.04	12.15	16.09	7.89	28.3	5.8	22.5	761.97	54.42	3.52	34.5	8
Juin	25.86	16.32	21.09	9.54	32.2	12.8	19.4	763.04	43.73	5.93	19.0	5
Juillet	28.46	18.26	23.36	10.20	33.6	12.8	20.8	763.22	44.26	5.88	5.0	2
Août	29.36	19.94	24.65	9.42	34.6	16.4	18.2	763.09	56.45	6.13	7.5	3
Septembre	26.05	17.71	21.88	8.34	30.0	14.2	15.8	762.80	71.73	3.28	113.0	8
Octobre	18.79	13.12	15.95	5.67	23.0	8.4	14.6	758.64	68.55	2.76	398.5	12
Novembre	15.40	10.06	12.73	5.34	20.4	2.8	17.6	762.70	71.00	1.92	115.0	10
Hiver	9.46	2 26	5.86	7.20	15.0	— 6.4	21.4	764.27	50.26	3.22	43.5	10
Printemps	17.27	8.64	12.95	8.62	29.2	0.0	29.2	761.46	48.71	4.03	25.80	18
Eté	27.89	18.17	23.03	9.72	34.6	12.8	21.8	763.11	48.14	5.98	31.5	10
Automne	20.08	13.63	16.85	6.45	30.0	2.8	27.2	761.38	70.42	2.65	626.5	30
Année	18.67	10.67	14.67	7.99	34.6	— 6.4	41.0	762.55	54.38	3.97	959.5	68

STATION DE MONTPELLIER (Jardin des Plantes)

ANNÉE 1907 — Observateur : **M. BRUNEL Auguste,** chef de culture — ALTITUDE 29m50

	TEMPÉRATURES							PLUIE TOTALE	NOMBRE de jours de pluie
	Moyennes des maxima M	Moyennes des minima *m*	Moyennes générales $\frac{M+m}{2}$	Différences M — *m*	Maxima absolus	Minima absolus	Ecarts absolus		
								m/m	
Décembre 1906	10.06	0.57	5.31	9.49	16.4	— 8.2	24.6	19.5	5
Janvier 1907	11.32	— 0 70	5.30	12.02	16.2	— 5.8	22.0	11.0	3
Février	12.71	— 2.20	5.25	14.91	20.0	— 9.8	29.8	9.0	1
Mars	14.80	2.52	8.66	12.28	26.0	— 3.4	29.4	124.0	3
Avril	20.37	6.46	13.41	13.91	32.0	2.0	30.0	116.0	7
Mai	23.10	9.70	16.40	13.40	31.8	3.0	28.8	»	»
Juin	29.31	13.30	21.30	16.01	36.0	9.4	26.6	22.0	4
Juillet	31.94	14.27	23.10	17.67	38.0	10.0	28.0	17.0	5
Août	32.85	14.83	23.84	18.02	38.0	8.2	29.8	8.0	3
Septembre	28.12	12.90	20.51	15.22	35.5	7.0	28.5	194.0	7
Octobre	20.60	10.14	15.37	10.46	26.0	3.2	22.8	383.0	16
Novembre	16.10	7.32	11.71	8.78	20.4	— 1.0	21.4	226.0	10
Hiver	11.36	— 0.77	5.28	12.14	20.0	— 9.8	29.8	39.5	9
Printemps	19.42	6.22	12.82	13.19	32.0	— 3.4	35.4	240.0	10
Eté	31.36	14.13	22.74	17.23	38.0	8.2	29.8	47.0	12
Automne	21.60	10.12	15.86	11.48	35.5	— 1.0	36.5	803.0	33
Année	20.93	7.42	14.17	13.51	38.0	— 9.8	47.8	1.129.5	64

STATION DE MONTPELLIER

OBSERVATIONS de la température du sol à diverses profondeurs, faites à l'Ecole d'Agriculture de Montpellier, pendant l'année 1907, à 9 heures du matin

PROFONDEUR	1m	0m,75	0m,50	0m,25	SURFACE air 0m,20
DÉCEMBRE 1906					
1re Décade	12.49	11.67	9.85	8.15	1.73
2e —	11.40	10.71	8.58	6.97	—2.29
3e —	10.03	9.01	7.15	5.01	—4.57
Mois.....	11.26	10.41	8.48	6.65	—1.80
JANVIER 1907					
1re Décade	8.90	8.12	6.22	4.64	—0.48
2e —	8.47	7.94	5.93	4.18	—5.28
3e —	7.91	7.37	5.53	4.28	—2.56
Mois.....	8.41	7.79	5.88	4.36	—2.76
FÉVRIER 1907					
1re Décade	7.39	6.82	4.74	3.07	—6.36
2e —	6.95	6.63	5.35	4.82	—1.88
3e —	7.80	7.82	6.92	6.42	—2.71
Mois.....	7.37	7.03	5.58	4.65	—2.83
MARS 1907					
1re Décade	7.83	7.80	6.90	6.54	1.71
2e —	8.50	8.87	8.46	8.81	0.48
3e —	10.06	10.77	10.73	11.10	—0.96
Mois.....	8.83	9.20	8.76	8.89	—0.73
AVRIL 1907					
1re Décade	10.97	11.62	11.28	11.24	3.32
2e —	11.71	12.34	12.20	12.33	2.26
3e —	12.60	13.51	13.65	14.51	3.72
Mois.....	11.70	12.49	12.37	12.69	3.10
MAI 1907					
1re Décade	13.12	13.82	13.75	14.11	4.65
2e —	15.12	16.27	16.56	17.79	7.33
3e —	15.64	16.61	16.84	17.76	9.99
Mois.....	14.66	15.60	15.75	16.59	7.40

PROFONDEUR	1m	0m,75	0m,50	0m,25	SURFACE air 0m20
JUIN 1907					
1re Décade	16.90	18.27	18.99	20.06	10.10
2e —	18.06	19.50	20.48	21.89	11.72
3e —	19.47	21.23	22.49	23.52	12.18
Mois.....	18.14	19.66	20.65	21.82	11.33
JUILLET 1907					
1re Décade	20.08	21.82	22.70	23.64	10.89
2e —	21.18	23.53	24.45	26.39	11.44
3e —	22.80	24.57	25.74	27.20	15.74
Mois.....	21.40	23.34	24.34	25.79	12.79
AOUT 1907					
1re Décade	23.15	24.95	26.22	27.83	14.94
2e —	23.56	25.15	26.13	27.27	14.52
3e —	23.39	24.86	25.39	26.30	12.05
Mois.....	23.36	24.98	25.89	27.10	13.78
SEPTEMBRE 1907					
1re Décade	23.21	24.56	24.83	25.52	13.40
2e —	22.33	23.39	22.90	22.39	11.92
3e —	21.38	21.89	21.38	21.27	11.51
Mois.....	22.30	23.28	23.03	23.06	12.30
OCTOBRE 1907					
1re Décade	20.18	20.49	19.46	18.71	9.68
2e —	18.93	18.84	17.98	17.44	8.65
3e —	17.46	17.24	16.04	14.96	7.09
Mois.....	18.81	18.80	17.77	16.97	8.42
NOVEMBRE 1907					
1re Décade	16.51	16.31	15.33	15.04	8.61
2e —	15.70	15.40	13.98	12.78	4.13
3e —	14.09	13.59	11.94	10.51	2.65
Mois.....	15.43	15.10	13.75	12.77	5.01

TEMPÉRATURE DU SOL

(ÉCOLE D'AGRICULTURE)

RÉSUMÉ

PROFONDEUR	1m	0m,75	0m,50	0m,25	SURFACE air 0m,20
Décembre 1906	11.26	10.41	8.48	6.65	— 1.80
Janvier 1907	8.41	7.79	5.88	4.36	— 2.76
Février	7.37	7.03	5.58	4.65	— 2.83
Mars	8.83	9.20	8.76	8.89	— 0.73
Avril	11.76	12.49	12.37	12.69	3.10
Mai	14.66	15.60	15.75	16.59	7.40
Juin	18.14	19.66	20.65	21.82	11.33
Juillet	21.40	23.34	24.34	25.79	12.79
Août	23.36	24.98	25.89	27.10	13.78
Septembre	22.30	23.28	23.03	23.06	12.30
Octobre	18.81	18.80	17.77	16.97	8.42
Novembre	15.43	15.10	13.75	12.77	5.01
Hiver	9.01	8.41	6.64	5.22	— 2.46
Printemps	11.75	12.43	12.26	12.72	3.25
Eté	20.96	22.66	23.62	24.90	12.63
Automne	18.84	19.06	18.18	17.60	8.57
Année	15.14	15.64	15.17	15.11	5.49

BOUILLERIES ET FUMERIES D'OPIUM [1]

Par le Docteur **Louis PLANCHON**
Professeur à l'École Supérieure de Pharmacie

MESDAMES,
MESSIEURS,

L'homme est un animal assez étrange : non seulement, dans toute la sére zoologique, il est seul à pratiquer le suicide (car c'est calomnie pure que d'accuser le scorpion, d'une aussi lourde sottise), mais encore, si la mort brutale lui répugne, il trouve d'ingénieux moyens de raccourcir son existence et de faire précéder sa fin par une longue décrépitude. Et si, par aventure, quelque savant le dote d'un médicament de valeur, cocaïne, éther ou morphine, apte à prolonger sa vie, il n'a cesse ni joie qu'il ne l'ait transformé en un instrument de mort. Par son seul contact, il prive les animaux de leur précieux sens toxique ; seuls en effet, les animaux domestiques se laissent prendre au poison. Encore, si comme eux, il n'altérait sa santé que par inadvertance, ou par ignorance, comme eux aussi, il serait plus à plaindre qu'à blâmer. Hélas ! c'est souvent en connaissance parfaite de cause qu'il vide sa bourse et ruine sa santé, par son impuissance à résister à ses passions. A notre époque où l'humanité paraît atteinte d'une maladie grave de la volonté, il semble que la recherche des excitants (qui certes ne date point d'hier) augmente dans une effrayante proportion. Ceux qui se contentent d'abuser des stimulants hygiéniques sont encore les sages.

(1) Communication a été faite de ce travail dans la séance publique annuelle du 8 mai 1909.

Ne parlons pas de l'alcool (que diraient les débitants ! d'ailleurs, vous savez, n'est-ce pas, que c'est un aliment excellent !) ; ni du tabac (encore un aliment de premier ordre... pour le budget !). Pas un stimulant médical, dont les snobs, les dépravés, les névrosés, les détraqués ou autres amateurs de sensations rares, ne fassent l'usage le plus abusif : et c'est la kola ou la coca, bons prétextes pour avaler à pleins verres des vins à 18 degrés ; c'est la cocaïne ou la morphine qu'on s'injecte à pleines seringues ; c'est l'éther qu'on hume à pleines narines ; ce serait le haschich, si l'on pouvait s'en procurer facilement.

Et ces excitants, tout le monde en veut, aucune classe n'en est indemne. Les nègres de la Nouvelle-Orléans sont, paraît-il, devenus cocaïnomanes en cherchant à se donner des forces pour décharger les bateaux. Les Annamites pauvres se ruinent pour garnir leur pipe ; l'ouvrier de France voit fondre dans son verre d'absinthe le salaire de la semaine.

Maintenant c'est l'opium, danger colonial, en train de devenir depuis quelques années danger social en France, sans vouloir parler des autres pays. Ce vice fleurit en Indo-Chine, non seulement chez les indigènes, mais chez nos officiers et chez nos fonctionnaires ; ceux-ci rentrés en France ne se contentent pas de continuer leurs habitudes; ils font des prosélytes, dont les uns reculent vite devant les nausées du début, mais dont les autres persistent avec un courage digne d'une meilleure cause. Et la tache d'huile s'étend, surtout dans le demi-monde et dans la phalange innombrable des snobs. Déjà le mal n'est plus localisé : à Toulon d'abord, à Paris ensuite, la police fait fermer de temps en temps des fumeries clandestines qui ne tardent pas à se rouvrir ailleurs. On m'affirme qu'il en existe à Nimes; à Montpellier même les fumeurs d'opium sont assez nombreux, sans qu'il y ait, à ma connaissance, de fumerie véritable. Et comme on a difficilement la drogue, le Gouvernement a dû prendre des mesures énergiques pour que l'opium des pharmacies, et surtout l'extrait

d'opium (pourtant si peu agréable à fumer et si différent de la bonne préparation orientale), ne puissent passer entre les mains des maniaques. Et les pharmaciens se rendent si bien compte de la nécessité de cette mesure, qu'ils acceptent sans trop protester les nouveaux règlements draconiens, qui pourtant compliquent singulièrement leur comptabilité.

Or l'opium a le fâcheux privilège de devenir bientôt nécessaire à l'imprudent qui en a tâté. La pipe est une femme tyrannique, exigeant de continuels hommages; chacun s'en croit maître, et c'est elle qui gouverne; l'homme devrait pourtant savoir que c'est le cas de tous les ménages. La privation de tabac ne cause au fumeur qu'un certain malaise ; mais, l'heure de la pipe venue, le besoin d'opium éveille des symptômes si nets et si spéciaux qu'on a donné à cet état un nom particulier : le *Guien*. Quant à la privation brusque du poison, c'est une vraie maladie, souvent grave et quelquefois mortelle.

Bien rares donc sont les fumeurs qui savent se contenter d'une dose à peu près égale. Toujours plus de malaise exigeant toujours plus de poison, voilà la règle. Il faudrait pour se reprendre une énergique volonté, et la première action de l'opium est précisément d'affaiblir la volonté : aussi, le cercle vicieux se ferme, et le malade (on ne peut plus l'appeler autrement) roule chaque jour plus vite sur une pente désormais fatale, et sur laquelle il n'essaie même plus de se retenir.

Et n'oublions pas que l'Européen est bien plus sensible que l'Asiatique. Est-ce accoutumance héréditaire, est-ce système nerveux moins excitable, le jaune résiste mieux. Le fait a son importance.

Malgré les apparences, c'est donc faire œuvre d'actualité que de parler de l'opium, remède ancien, danger nouveau contre lequel on ne saurait trop mettre en garde. Mais il faut tout de suite se limiter et laisser de côté la vaste part des étudiants en médecine et en pharmacie. Je négligerai aussi les morphinomanes, les mangeurs ou les buveurs d'opium et je me

bornerai, après quelques mots d'histoire, à donner des indications sur deux points moins connus de ce très vaste sujet.

Bien des gens, en effet, parlent de fumer l'opium sans attacher à ce mot un sens précis ; beaucoup supposent vaguement une opération ou un geste analogue à celui des fumeurs de tabac, et pensent qu'on se sert de l'opium commercial. Or, c'est chose toute différente, et ce que je compte expliquer, au moins à ceux qui l'ignorent (je fais mes excuses aux autres, probablement fort nombreux dans l'auditoire), c'est la manière dont on prépare l'opium à fumer, connu en Chine et en Indo-Chine sous le nom de *Chandoo*, puis la manière dont procède le fumeur pour satisfaire sa passion.

Et quoi, dira-t-on, voilà une belle besogne ! Etes-vous professeur d'opiomanie? et voulez-vous donner à chaque auditeur l'idée et peut-être le désir d'essayer une ou deux pipes et de fourrer ainsi le doigt dans le détestable engrenage ? Qu'on se rassure, car je suis moi-même fort rassuré. D'abord ce n'est sans doute point dans l'auditoire de l'Académie que se recruteront les adeptes ; puis, comme on va le voir, la préparation n'est point à la portée de tout le monde ; enfin, même pour fumer la moindre pipe, il faut un attirail complet et un tour de main qui ne s'acquièrent pas facilement. Non, à celui qui n'a point la curiosité de fumer, ma causerie ne risque pas de l'inspirer; quant à celui, s'il en est ici, qui cherche à obtenir de ses nerfs des sensations nouvelles, mes descriptions ne lui apprendront rien, et je sais fort bien, hélas ! que mes conseils ne l'arrêteront pas.

On croit souvent (les Chinois en font un tel abus et l'ont répandu en tant de pays !), que l'usage de fumer l'opium est né en Chine. C'est une erreur manifeste ; ce sont les musulmans, privés d'alcool par Mahomet, qui ont répandu le haschich et l'opium. D'abord le nom chinois de l'opium, O-Fu-Yung et l'annamite, Tuoc-Afien (Tuoc signifiant remède), dérivent nettement de l'arabe Afyun, qui vient lui-même du

grec οπος; les autres noms de même langue : O-pien et Ya-pien sont des corruptions du mot opium; de plus, la Chine, qui connaissait le pavot de longue date, n'a cependant employé l'opium qu'au XVI[e] siècle. Ce n'est qu'au milieu du XVIII[e] siècle que l'idée et l'habitude de fumer furent introduites en Chine, de Batavia, disent les uns, de l'Inde affirment les autres. Déjà au XVII[e] siècle, les Hollandais, maîtres de Formose, y débarquèrent des Javanais, qui firent connaître aux habitants de l'île les mélanges aux effets terrifiants de chanvre et d'opium, qu'on fumait dans une pipe ordinaire et qui d'ailleurs décimèrent rapidement la population. Au dire des historiens chinois, lorsque les Célestes s'établirent dans Formose, abandonnée par les Hollandais, l'habitude de fumer l'opium pénétra dans l'Empire du Milieu. Longtemps le commerce fut aux mains des Portugais, mais en 1773 la Compagnie des Indes orientales s'en réserva le monopole; elle introduisait, par exemple, en 1800, 4,000 caisses de 70 kil. Mais bientôt, moins peut-être par souci d'hygiène que par haine de l'étranger que l'opium enrichissait, le gouvernement chinois interdit complètement ce commerce sous les peines les plus sévères : amendes, prison, cangue, bastonnade, bannissement et même mort. Les châtiments les plus durs ont été édictés chez les Coréens, les Japonais, etc.; à Java aussi, mais seulement dans les provinces riches où une abondante main-d'œuvre est nécessaire. Les Japonais seuls semblent avoir résisté au fléau et peut-être faut-il voir dans leur énergie sur ce point une des causes de leur supériorité : le Japon veille, tandis que la Chine dort.

L'interdiction en Chine amena naturellement une contrebande régulière, organisée par les Anglais avec la complicité des fonctionnaires chinois. En 1817, on importe 6.000 caisses; en 1827, 10.000; en 1837, 40.000; cette fois la Chine se fâche : elle confisque et détruit en 1839 plus de 2.000 caisses des magasins anglais de Canton. On connaît la suite de cette triste

histoire : c'est la guerre de l'opium faite par les Anglais désireux d'écouler leur poison, et qui se termine en 1841 par le traité de Nankin, ouvrant 5 ports chinois au commerce européen et admettant l'opium comme marchandise courante. Le pavot méritait désormais le triste honneur de figurer dans la catégorie des plantes que Linné, dans son langage imagé, nommait les *plantæ bellicosæ*. Et dès lors l'augmentation est effrayante : en 1854, 67.000 caisses ; en 1879, 100.000, valant 350 millions de francs. Ce chiffre augmente tous les jours. Et l'opium récolté en Chine n'est pas compté ! Or puisqu'on laissait pénétrer l'opium étranger, puisqu'on acceptait par la force l'empoisonnement, autant valait fabriquer soi-même le poison, et l'on planta le pavot en grand. Résultat : les fumeurs chinois étaient 2 millions en 1858 ; on en estimait le nombre en 1878 à 100 ou 120 millions ; et grâce à leurs émigrations, ils ont transporté partout leur passion fatale.

Cependant, une réaction se produit un peu partout, surtout depuis que les métropoles se sentent menacées. On commence à comprendre que c'est un mauvais calcul que de favoriser la déchéance des indigènes; partout des interdictions sont inscrites dans les lois : c'est l'Australie qui s'oppose à la vente même de l'opium, sauf pour l'usage pharmaceutique ; c'est le Transvaal qui exige une autorisation, même pour l'opium des pharmacies ; c'est l'Angleterre elle-même qui, sous la pression de l'opinion, semble sur le point de renoncer à exporter son opium indien ; c'est enfin la Chine, où un récent édit de l'empereur restreint chaque année l'usage et l'entrée de la drogue, qui seront nuls en 10 ans.

En Indo-Chine, où nous avons malheureusement suivi les errements de l'Angleterre et favorisé par mesure fiscale l'empoisonnement des populations, on cherche aussi à enrayer le mouvement qu'on a déchaîné. Depuis deux ans, il est interdit d'ouvrir des fumeries nouvelles ; mais les anciennes continuent à fonctionner. Il faudrait une entente internationale

assez difficile à établir ; et pourtant, en ce moment même, une tentative dans ce sens est faite en Chine ; le résultat en sera bientôt connu.

L'histoire de la bouillerie de Saïgon, qui nous intéresse spécialement, peut être résumée en quelques mots. Lorsque, en 1862, la Cochinchine devint française, l'usage de fumer l'opium était fort peu répandu. Les quelques adeptes achetaient leur produit à des marchands autorisés par des mandarins, qui, vous n'en doutez pas, faisaient payer fort cher la permission demandée. Devant ces abus, l'administration établit un fermage en 1864 et les premiers adjudicataires furent des Chinois qui fabriquaient le produit à Cholon et qui payaient 92.000 piastres, c'est-à-dire, suivant la valeur de la piastre, entre 200.000 et 230.000 francs. Mais, les abus continuant, M. Le Myre de Vilers éleva à 7 millions en 1881 la valeur de l'adjudication. Les Chinois refusèrent : aucune offre ne fut faite. C'est alors que le Conseil colonial établit la régie directe approuvée par un décret du Président de la République du 17 mai 1881.

La manufacture de Saïgon date de cette même année. La préparation de l'opium y était faite d'abord par un Chinois auquel on payait 50 centimes par kilogramme de chandoo achevé. En 1891, l'administration dirige elle-même l'exploitation. Enfin en 1897, des transformations profondes sont faites à la manufacture, en particulier par la substitution de divers procédés mécaniques au travail manuel des coolies, et en 1904-1905, cette manufacture a été complètement transformée. Les opérations qui vont être décrites plus loin montreront la méthode exacte employée dans cet établissement.

L'opium brut du commerce ne peut être fumé ; même à l'état d'extrait, les Chinois n'en voudraient à aucun prix, le trouvant, à juste titre, trop fort, âcre, portant à la tête ; et de plus ayant le défaut capital d'obstruer les pipes. Il est cepen-

dant vrai qu'en Europe, la difficulté de se procurer du chandoo fait souvent consommer directement notre extrait, ce qui est pire que de fumer la drogue classique.

La préparation nécessaire est compliquée, exige tout un outillage, des ouvriers méticuleux et habiles, et renchérit, fort heureusement d'ailleurs, la substance en en diminuant par conséquent la consommation.

Les manufactures portent le nom de *bouilleries*. Il en existe beaucoup, parmi lesquelles celle de Saïgon jouit d'une réputation particulière. Ceux de mes auditeurs qui ont visité, il y a trois ans l'Exposition coloniale de Marseille, ont pu en voir un modèle d'assez grandes dimensions, dans une salle à gauche en entrant dans le palais de l'Indo-Chine. La méthode suivie n'est autre que celle dite de Canton, fort appréciée des Chinois. Il est d'ailleurs d'autres procédés assez variables, employés dans le Yunnan, le Fo-Kien et aussi dans l'Inde ; mais celui qu'on pratique dans les Indes néerlandaises représente le dernier cri du perfectionnement et donne un rendement supérieur.

La bouillerie de Saïgon contient 160 fourneaux et autant de bassines, et traite chaque jour 3 caisses d'opium, soit 120 boules ou *cakes*, venant de l'Inde et achetées de confiance au gouvernement anglais, sans analyse. On traitait aussi, il y a quelques mois à peine, beaucoup d'opium du Yunnan auquel on vient de renoncer. On fait encore un opium dit *de luxe*, un peu différent du chandoo courant, mais dont la vente, très limitée, est négligeable. Il se peut que la concurrence s'établisse un jour entre les opiums de l'Inde et ceux de Java. Ce jour-là, le prix s'abaissera, et la santé publique deviendra plus précaire encore.

La préparation nécessite, pour être menée à bonne fin, trois jours de travail et au moins quatre opérations, que l'on peut ainsi résumer :

1° Transformation de l'opium brut en un premier extrait ;

2° Crêpage par demi-torréfaction ;

3° Reprise des crêpes par l'eau ;

4° Filtration et évaporation en extrait définitif ou *chandoo*.

Je négligerai volontairement toutes les opérations accessoires (utilisation des produits secondaires, etc).

Suivons jour par jour ces opérations.

On commence par couper en deux, au couteau, les grosses boules d'opium entourées de leur écorce de feuilles et de pétales. Avec les doigts toujours mouillés, l'ouvrier détache facilement la partie centrale de la calotte extérieure. C'est une masse molle, collante, très odorante, ayant un peu l'aspect et la couleur de pulpe de pruneaux. On la place dans des bassines où elle séjourne jusqu'au lendemain. Et comme rien ne se perd, moins encore peut-être dans les bouilleries d'opium que dans l'ensemble de la nature, tous les résidus sont utilisés, surtout la couche interne de la calotte hémisphérique vidée par l'ouvrier, et qu'on nomme l'*imbrio*. Les eaux de lavage ont chacune leur emploi et il n'est pas jusqu'aux feuilles extérieures sèches qui ne soient vendues aux pauvres gens comme masticatoire.

La seconde journée est mieux remplie que la première. Les opérations y sont multiples et délicates. C'est d'abord la première cuisson de l'opium appelée souvent *empâtage*. Dans de grandes bassines de cuivre, deux ou trois kilos d'opium avec 4 ou 5 litres d'eau d'*imbrio*, sont placés sur un feu vif et constamment remués. Depuis 12 ans on a remplacé le feu nu par le chauffage à la vapeur, qui donne lieu à moins d'accidents. La masse devient d'abord très liquide, puis s'épaissit peu à peu. Un ouvrier suffit d'abord pour deux bassines; armé d'une spatule, il agite la masse, et mouille au moyen d'un chiffon imbibé d'eau la ligne de contact de l'opium et de la bassine. Gare, en effet, au moindre coup de feu ! la plus petite parcelle d'opium brûlé imprègnerait la masse d'une odeur que le fumeur jugerait détestable. Rappelez-vous le parfum

que quelques malheureux grains brûlés donnent au meilleur riz au lait. Mais voici que la consistance augmente ; de nouveaux ouvriers viennent à la rescousse. Il en faut désormais un par bassine, et à la fin il doit tenir sa spatule à deux mains. Il est vrai qu'à ce moment le feu, beaucoup moins vif, est aussi moins dangereux.

L'extrait est fait ; il convient, comme pour le fer, de le battre pendant qu'il est chaud, et par conséquent mou. C'est l'opération du ***refoulage***, par laquelle, au moyen d'une sorte de cuiller en cuivre, on le malaxe, on le pétrit pendant une heure. Importante opération, qui permet à la température de s'abaisser lentement et également dans toute la masse. A la fin, on peut rouler l'extrait sans qu'il adhère aux doigts. Il est alors prêt pour la fabrication des crêpes, ou *crépage*, préparation originale qui le transforme en feuillets minces et friables, torréfiés, à caractères tout différents.

Pour obtenir les crêpes, l'ouvrier étale la masse sur toute la paroi intérieure de la bassine, sur une épaisseur uniforme de deux ou trois centimètres, presque jusqu'au bord ; encore une opération délicate : trop froid, l'extrait s'étale mal ; trop chaud, il adhère aux doigts et aux outils et tend à couler au fond. Divers tours de main permettent d'assurer l'adhérence à la paroi. C'est maintenant qu'il faut ouvrir l'œil. Notre homme saisit la bassine et la retourne au-dessus de la braise qu'on a recouverte de cendre et dont la chaleur est très égale. Sous l'influence de la chaleur rayonnante qu'elle reçoit directement, la surface de l'opium se déshydrate vite, s'altère, dégage d'abondantes vapeurs blanches et se ramollit sur trois ou quatre millimètres, au bout d'une à deux minutes. Vivement, avec une pince, on retire la bassine du feu : l'air extérieur durcit aussitôt la surface de l'extrait, laissant un instant fluide la zone sous-jacente. C'est le moment psychologique : L'ouvrier détache d'un coup d'ongle un point de la fine pellicule durcie, le saisit, et arrache par simple traction une lame d'en-

viron deux millimètres sur toute la surface de la masse étalée ; telle la maîtresse de maison enlève avec délicatesse et décision la feuille de papier adhérente à la surface de son pot de confiture. C'est une crêpe, qui, aussitôt détachée, devient dure et cassante. Elle est noire, aromatique, d'odeur opiacée, mais non vireuse, très poreuse, très légère, comme charbonnée. On recommence cette opération tant qu'il reste de l'opium, et chaque bassine peut fournir de 25 à 30 crêpes. L'opium est ainsi grillé; il a perdu son odeur primitive pour prendre un arome agréable ; bien des substances qui gênaient la filtration ont été carbonisées.

Les crêpes, poreuses et légères, sont desséchées, brisées et mises aussitôt dans de grandes bassines contenant trente-cinq litres d'eau froide (eau seconde d'imbrio), où elles macèrent jusqu'à la troisième journée. Leur légèreté, qui leur permet de flotter, leur fait céder facilement à l'eau toutes les parties solubles.

Dès le début de la troisième journée, on décante, ou plutôt on soutire cette macération par un procédé original. De petits cylindres de la moelle d'un *Eriocaulon* (ou d'un *Scirpus*) appelé Tam-San, longs de vingt-cinq centimètres, sont liés ensemble en paquet par une extrémité, trempés dans l'eau, et plongés ensuite par le bout attaché, dans le liquide que surnagent les crêpes. Les bouts libres de cette moelle, étalés en nappe, retombent en dehors du vase sous forme de gros vermicelles. Cette moelle agit par capillarité comme un véritable siphon, qui vide en une demi-heure la bassine de plus en plus inclinée. Le liquide achève de se filtrer en retombant sur des paniers recouverts de vingt-cinq ou trente feuilles d'un papier spécial non collé. Tous les résidus sont, cela va sans dire, utilisés. Puis, la liqueur filtrée est concentrée, d'abord dans une cuve rectangulaire, chauffée à la vapeur d'eau par un serpentin, plus tard dans de vastes bassines, à un feu très vif, amenant une évaporation rapide à gros bouillons, qu'il faut

parfois calmer avec quelques gouttes d'eau froide. Cette rapidité d'action réduit au minimum le contact de l'air, qui donnerait naissance à des corps insolubles, comme il arrive pour tous les extraits. On amène la concentration à 26° 1/2 Baumé, en évitant de brûler et l'on obtient un sirop épais, d'un noir rougeâtre, coulant en nappe de la spatule ; c'est déjà du chandoo.

Est-ce donc fini ? pas encore ; il s'agit maintenant de battre ce sirop, soit à la main, avec des spatules en bois larges et légères, comme on le faisait jusqu'en 1897, soit avec les batteuses mécaniques aujourd'hui en usage. Ce battage hâte et régularise le refroidissement, donne de l'homogénéité à la masse et y introduit de l'air qui augmente le volume, comme il arrive quand on bat des blancs d'œufs. Cette opération est d'importance capitale pour les Chinois : d'après eux, l'oxygène introduit développe l'arome et la saveur, opinion d'ailleurs très discutée. Il semble bien que l'opium battu devienne réellement meilleur au bout de deux ou trois mois de conservation. Il est probable qu'on enferme dans la masse, avec l'oxygène, des germes amenant une véritable fermentation ; ces germes sont, en effet, visibles au microscope ; de plus, il se dégage des gaz, ce qui n'a pas lieu si l'on stérilise par la chaleur ; enfin l'odeur change et le bouquet se développe. Le battage est donc utile en favorisant l'action des microbes.

Le Chandoo est fait ! l'opium de Bénarès en a donné 68 % de son poids, celui de Yunnan de 58 à 60 %. Le produit, de couleur chocolat foncé, n'a plus d'odeur vireuse, mais n'a pas non plus d'arome délicat. Ce bouquet ne lui viendra qu'avec le temps ; aussi doit-on se garder de hâter la vente. Il en est du chandoo comme des vins de grande marque, dont le bouquet et le prix augmentent avec l'âge. Un chandoo de trois ans (ce serait la première enfance pour un bon vin !) a déjà quintuplé de valeur et n'est plus à la portée que des bourses bien garnies. Mais, même les plus pauvres, ne fument qu'un opium de

quelques mois. A Saïgon, on le conserve dans des récipients de 250 litres, quatre ou cinq mois (au moins trois) avant de le mettre en boîtes. Ce vieillissement en magasin est absolument nécessaire. Au début, tout de suite après la préparation, l'air interposé par le battage se dégage, formant une écume épaisse, tandis que le volume diminue; au bout de huit jours, l'extrait n'a plus que la moitié du volume primitif; quelques jours encore et voici les champignons, surtout le *Mucor Mucedo*, dont les taches, vite confluentes, forment, au bout de deux ou trois mois, une couche fort épaisse, que l'on gratte et que l'on traite par l'eau pour en retirer le Chandoo utilisable. Certains Chinois mélangent même ces champignons à la masse à fumer; d'autres y ajoutent un peu d'eau-de-vie.

Se produit-il pendant ce vieillissement une véritable fermentation? On l'a nié; il semble cependant qu'il y en ait plutôt deux : l'une due à un *saccharomyces* et s'exerçant jusqu'au vingtième jour, l'autre plus lente et pour ainsi dire indéfinie, donnant l'arome recherché.

Le chandoo, vieilli et débarrassé de ses moisissures de surface, est alors mis dans des boîtes de laiton (sur la réclamation des Chinois, prétendant, à tort d'ailleurs, que le fer-blanc employé était attaqué par l'opium et lui donnait un goût désagréable). Le remplissage des boîtes, de 100, 40, 20, 10 et 5 grammes, se fait par un procédé spécial très ingénieux. La boîte porte un numéro, fort important pour la reconnaissance des fraudes. La composition d'un chandoo étant, en effet, un peu variable, on a imaginé d'en mêler intimement de grandes masses dans de vastes récipients, ou *coffres*, d'environ 1.200 kilos, où les impuretés se déposent lentement, et dont un échantillon est soumis à l'analyse. Toutes les boîtes provenant de ces 1.200 kilos portent le même numéro et doivent donner le même résultat analytique. Depuis qu'on emploie ce procédé de contrôle, les fraudes ont beaucoup diminué.

Les boîtes remplies sont soigneusement serties (l'ancienne

soudure était à la fois chère et défectueuse), puis pasteurisées par chauffage d'un quart d'heure à 90°, afin d'arrêter toute fermentation, enfin plongées dans un vernis à la gomme laque et accumulées dans un magasin d'où on les distribue au fur et à mesure des besoins aux entreposeurs et dépositaires.

Le chandoo prêt à être fumé est un extrait demi-fluide, ayant l'aspect de notre extrait d'opium, mais plus liquide et d'une odeur différente rappelant celle de la mélasse ou des arachides grillées et, après longue conservation, celle des pruneaux. Il est amer, noir, de composition complexe. Les analyses de Lalande montrent qu'il contient 32 à 36 °/₀ d'eau ; il se dissout presque sans résidu dans l'eau ou l'alcool à 40°. Parmi les nombreux corps qui le constituent et dont l'énumération est inutile, il suffit d'indiquer la morphine, dont le chandoo de Bénarès renferme de 6 à 7 1/2 °/₀. Celui du Yunnan allait de 7,5 à 9 °/₀, ce qui montre bien que la valeur d'un chandoo est tout à fait indépendante de sa teneur en morphine, puisque celui du Yunnan est nettement inférieur bien que plus riche. On sait que l'arome du tabac est également indépendant de la proportion de nicotine que renferme la feuille, mais pour l'opium, comme pour le tabac, l'alcaloïde reste nécessaire ; seulement le fumeur est incapable de reconnaître la richesse, sinon par l'action physiologique ressentie.

Grâce au monopole, le prix du chandoo est fort élevé ; à Saïgon on traite 67.000 kilogr. d'opium brut par an, fournissant 44.800 kilogr. de chandoo ; celui-ci renferme 3.375 kilogr. de morphine, qui vaudrait en France, en gros, environ 2 millions de francs. Sous forme d'opium à fumer, les Chinois le paient 10.000.000. La boîte de 40 gr. de chandoo vaut : pour l'opium de luxe environ 10 fr. ; pour le Benarès environ 7 fr. 50. Cela correspond, pour les fumeurs de 25 à 30 pipes, à une dépense de 2 fr. 50 à 3 fr. par jour, et pour beaucoup à plus de 10 fr., même en fumant de l'opium ordinaire. Le prix

de cette passion coûteuse est, comme on le voit, la meilleure défense contre elle-même ; et cependant en Indo-Chine la consommation officielle, sans compter la contrebande énorme, est de 120.000 kilogr. par an, fumés surtout dans les centres où abondent les Chinois, comme Saïgon ou Cholon. La manufacture réalise un bénéfice net de 14 millions de francs ; c'est un beau denier pour la colonie !

Une substance qui, vendue 220 fr. le kilog., donne à l'Administration un bénéfice net de 172 fr., est fatalement l'objet de falsifications et de contrebande. Il est certain que, malgré tous les soins et toutes les mesures prises, la moitié ou peut-être les deux tiers de l'opium fumé en Indo-Chine y sont venus en fraude : lorsque la vente tend à baisser, c'est que la contrebande s'accroît, car la consommation générale augmente. Il est évident aussi à priori que les falsifications abondent. Pour une marchandise aussi chère, tout est bon qui trompe l'œil : le riz torréfié et préparé ; les extraits de divers fruits ou racines (tamarin, kakis, litchis, pruneaux, réglisse); diverses substances minérales, le gypse pulvérisé en particulier; les tubercules mucilagineux d'*Ophiopogon* ; les fleurs d'une liliacée chinoise appelée Quiem-sam-saï, et surtout le résidu qu'on trouve dans les pipes et qu'on nomme le dross.

L'analyse devrait rendre impossibles ces fraudes, mais elle est fort délicate, et si elle permet de reconnaître les tromperies grossières, elle ne peut révéler les chandoos de bonne qualité introduits en contrebande. On a vu le parti qu'on peut tirer des analyses types ; on a grande confiance aussi dans des fumeurs experts, comparables à nos dégustateurs de vins, pour lesquels l'odeur, la couleur, la plasticité et les effets physiologiques sur le poumon ou sur l'ensemble de l'organisme sont des moyens assez sûrs de contrôle. Mais ici encore, reconnaître dans le chandoo la présence d'un bon opium de contrebande est chose presque impossible. Divers procédés récemment proposés par les chimistes, tels que l'introduction

dans le chandoo de certaines substances qu'on y doit retrouver en proportion définie, n'ont pas encore, que je sache, été mis en pratique.

Les opérations qui précèdent, si compliquées dans le détail, ne sont pour la plupart que l'application des procédés empiriques des Chinois, modernisés, assez récemment d'ailleurs (en 1897), par les moyens mécaniques; mais ces procédés sont à la fois rationnels et économiques, et il serait facile, en examinant scientifiquement chaque opération, de montrer qu'elle répond fort bien à un but déterminé. Les Chinois cherchent à faire bon et vite, sans rien perdre du produit précieux; on désire aussi enlever à l'opium brut toutes les substances qui pourraient nuire au goût et à l'arome, ou modifier les qualités plastiques recherchées . Or, c'est bien à tout cela qu'aboutissent les diverses opérations. Par exemple, le premier extrait, fait à chaud, coagule nombre de substances, entre autres les matières albuminoïdes, en rend d'autres solubles et change la sapidité, comme le fait la cuisson pour beaucoup de nos légumes. On sait que la simple action de chaleur sur les solutions d'opium en diminue les propriétés narcotiques : c'est l'opium mitigé que l'on peut donner aux enfants. La filtration qui vient ensuite débarrasse l'opium d'une foule de substances nuisibles insolubles (résine, débris, etc.) La curieuse fabrication des crêpes (outre que la torréfaction peut aussi modifier le goût, comme pour le cacao, le café ou les arachides) élimine de nombreux principes volatils qui rendent l'opium ordinaire infumable. Grâce à leur porosité, ces crêpes en surnageant, cèdent très facilement à l'eau leurs principes solubles, de même que le sucre poreux que nous employons, se dissout singulièrement plus vite qu'un même poids de sucre candi.

La chaleur élevée et prolongée à laquelle est soumis le produit lui enlève, en les détruisant, les sels de thébaïne, papavérine, codéïne, narcéïne et narcotine décomposables à

chaud. Or, la présence de la narcotine en particulier serait tout à fait déplorable pour le fumeur, car elle rendrait l'extrait trop fluide et le ferait couler sur l'aiguille ou s'étaler sur le fourneau de la pipe : un vrai désastre ! Quant à la morphine, quoi qu'on en ait dit, elle n'est pas détruite ; elle n'émet de vapeurs qu'entre 205 et 210°, température que les crêpes ne dépassent pas. Dans la pipe même, la chaleur plus forte ne la détruit qu'en partie, car il en reste dans le résidu ; mais on comprend que la température atteinte par l'opium dans la pipe ait une grande influence. Les mauvais chandoos brûlent à une température beaucoup plus haute.

On a pu remarquer que l'évaporation est menée d'une façon tumultueuse et non pas au bain-marie ; cette méthode réduisant au minimum le temps de contact avec l'air, c'est à peine si le chandoo renferme un à deux pour cent de corps insolubles.

Le pétrissage donne de l'homogénéité à la masse, permet de la bien étaler sur la bassine et divise très bien les substances insolubles.

On a vu, chemin faisant, l'action du battage et de la pasteurisation.

Il serait facile de trouver avec la fabrication du tabac de grandes analogies ; celui-ci est, comme l'opium, débarrassé par l'industrie d'un assez grand nombre de corps inutiles ou nuisibles. Pour tous les deux, une fermentation spéciale provoque la formation du bouquet ; pour l'un comme pour l'autre, aussi, la richesse en alcaloïde n'est pas en raison de la valeur du produit ; pour tous les deux, cependant, l'alcaloïde est indispensable, mais il n'est pas seul indispensable !

Et maintenant, comment fume-t-on ?

Ce n'est point chose simple et ne saurait se faire dans la rue, en vaquant à ses occupations ; le moindre défaut de cette déplorable coutume est de faire perdre beaucoup de temps. Et d'abord, pour obtenir la félicité rêvée, le calme complet est

nécessaire ; aussi est-ce de préférence le soir, la journée finie, qu'on se livre à l'opium. Il faut tout un attirail et toute une série d'opérations, obligeant le fumeur, s'il est riche, à avoir une installation complète chez lui, et s'il est pauvre à se rendre dans les fumeries spéciales, ouvertes dans toutes les grandes villes de Chine et d'Indo-Chine. Dès l'entrée, le débitant, assis dans son petit bureau, lui remet contre espèces la drogue, qu'il pèse parfois dans une petite balance originale en forme de romaine.

Quant au fumeur digne de ce nom et que n'arrêtent point les considérations pécuniaires, il a souvent pour sa fumerie une véritable passion et les soins délicats d'un amoureux pour sa belle. Les décorations y sont d'un luxe somptueux ; tous les instruments sont en matières précieuses, véritables objets d'art, en écaille, en argent, etc. La fumerie n'est point ouverte à tout le monde, mais seulement aux amis, et sous l'influence de l'opium qui pousse aux confidences, bien des secrets sont échangés, bien des paroles prononcées qu'on aurait gardées pour soi, ce qui rend particulièrement dangereuses les séances où nos fonctionnaires d'Indo-Chine ne craignent pas parfois de se rendre chez les mandarins annamites.

Voyons d'abord les objets employés avant d'indiquer comment on s'en sert.

A tout seigneur tout honneur, d'abord *la pipe*. Elle se compose essentiellement d'un tuyau de bambou de 50 à 60 centimètres sur 3 ou 4 de diamètre, d'où l'expression familière *tirer sur le bambou* pour signifier fumer l'opium. Une extrémité est fermée, l'autre offre une petite ouverture de 2 ou 3 millimètres, sur laquelle on applique les lèvres ; vers les trois quarts de la longueur s'enchâsse, dans une armature en cuivre, le fourneau, d'ordinaire en terre cuite fine, brune ou rouge, percé d'un large orifice sur le tuyau, et d'un tout petit trou, de 2 millimètres au plus, sur la partie libre. La forme de ce fourneau varie (sphérique, hémisphérique ou aplatie); mais la cavité

en est toujours très large et il peut être séparé du tuyau pour le nettoyage après les séances. Il va sans dire qu'il existe des pipes de luxe en métal précieux avec des incrustations, des ornements. Il paraît même que les raffinés changent dans la même séance la nature de leur pipe : le dernier roman de Claude Farrère nous montre le mandarin Tchéou-Pe-I offrant successivement à son hôte des pipes en bois d'aigle, en écaille brune, en argent ciselé et en ivoire bruni, donnant toute la gamme d'une énergie croissante.

A l'opposé de ces pipes aristocratiques, on peut voir la pipe du prolétaire Tonkinois, simple bambou percé, dont une extrémité plonge dans un petit pot de terre brune, servant de fourneau et perforé latéralement de la petite ouverture indispensable.

Il existe trois grandeurs de pipes qu'on charge de quantités correspondantes d'opium, mais la petite est la plus répandue.

On aura soin de ne confondre ces pipes à opium ni avec les pipes à tabac opiacé, analogues de forme à nos pipes européennes, mais à très long tuyau et à fourneau minuscule, ni avec les diverses pipes à eau dans lesquelles on fume le tabac et dont la forme est complètement différente.

Maintenant les accessoires : 1° Une *lampe*, réservoir à huile, à très petite mèche en veilleuse, reposant sur une soucoupe et recouverte d'une cloche conique ouverte au sommet et plus ou moins ornementée.

2° Une *aiguille*, très importante aussi, sorte de stylet fin et pointu, de 20 centimètres environ et du diamètre d'une aiguille à tricoter.

Il y faut joindre un ou plusieurs *racloirs* destinés à gratter et à curer le fourneau après la séance, afin de le dégager et de retirer le dross; des *ciseaux* pour la mèche de la lampe, une *éponge* humide pour nettoyer et refroidir le fourneau de la pipe ; un *coussin* pour appuyer sa tête ; enfin un *étui* renfermant la petite provision de chandoo.

Tout est prêt. Le fumeur peut-il enfin approcher ses lèvres de la pipe convoitée ? Que non pas ! Il convient d'abord qu'il prenne la position commode et classique : étendu sur une natte, la tête sur un coussin souvent fort dur, appuyé d'autre part sur le coude gauche, il tient de la main gauche sa pipe et saisit l'aiguille de la main droite, à moins toutefois que ses moyens ne lui permettent, comme à Tcheou-Pe-I, d'avoir à son service de nombreux boys ou des femmes habiles qui préparent pour lui les pipes. Et c'est, paraît-il, un métier fort rémunérateur quand on est tant soit peu expert, les fumeurs riches se disputant à prix d'or les préparateurs émérites. Mais notre homme opère lui-même.

Le chandoo doit être d'abord un peu desséché, puis façonné avant d'être placé sur la pipe ; le fumeur enfonce son aiguille dans le récipient, la retire enduite du précieux extrait, et la tourne entre les doigts au-dessus de la flamme de la lampe ; la gouttelette se boursoufle, crépite, durcit un peu, tout en restant malléable, et c'est ici que la qualité du Chandoo a une importance capitale. Ainsi notre extrait d'opium pharmaceutique qui se carbonise vite, que sa narcotine fait couler, qui obstrue le fourneau, qui colle et qui poisse, est un objet de mépris pour l'oriental un peu délicat. C'est bon pour les névrosés européens, pareils à ces gamins qui fument des feuilles sèches pour se donner la gloire d'être fumeurs ! A plusieurs reprises l'aiguille est plongée et chauffée : elle porte alors une boulette d'opium de la grosseur d'un pois chiche et d'environ 20 à 25 centigrammes. Habilement, l'opérateur roule, façonne, malaxe cette boulette, molle mais non collante, sur le fourneau de la pipe, sur le verre de la lampe ou même sur la pulpe du doigt. Il lui donne une forme un peu conique, puis brusquement il plonge son aiguille dans le petit orifice de la pipe, la tourne deux ou trois fois et la retire. S'il sait son métier, la boulette est restée collée à l'orifice, et l'aiguille en sortant, l'a laissée percée d'une cheminée d'appel. Tout cela demande une à deux minutes au fumeur expérimenté.

La pipe est prête : on peut fumer enfin ! L'homme saisit alors son bambou et retourne au-dessus de la lampe le fourneau de la pipe à demi renversé, dans la position classique d'un fumeur de tabac allumant sa pipe au-dessus du verre d'une lampe. En même temps il opère une aspiration lente et profonde, tandis que l'opium grésille sans brûler, et sans que le fourneau s'éloigne de la flamme.

A un bon fumeur il suffit d'une aspiration pour faire disparaître la boulette d'opium ; ordinairement il en faut deux ou trois, et c'est, paraît-il, un spectacle pénible que de voir dans les fumeries d'opium les poitrines amaigries des malheureux adeptes se dilater étrangement dans cette aspiration unique et disproportionnée. En quelques secondes tout est donc fini ; il ne reste qu'à gratter l'orifice avec le racloir, à essuyer le fourneau avec l'éponge humide et à préparer une deuxième pipe. Le récit est plus long que l'opération.

L'opium ne brûle jamais ; il émet seulement des fumées aromatiques qui, d'après Moissan, sont bleues et légères à 250°, lourdes, épaisses et blanches à 300. Avec le mauvais opium ou le dross, la chaleur s'élève trop, la morphine est alors détruite, et donne des bases pyridiques, de l'acétone, du pyrrhol extrêmement toxiques. Certains auteurs pensent que la toxicité des pipes ordinaires est due à divers corps formés pendant la combustion, car la morphine n'arriverait pas du tout au poumon et se déposerait dans la pipe. On verra que *pas du tout* semble excessif.

Un gros fumeur consomme ainsi en deux ou trois séances 100 pipes par jour ; quelques-uns exceptionnellement atteignent 150. Un fumeur modéré en grille 30 à 40 en 24 heures. Ce chiffre correspond à peu près à 10 grammes d'opium renfermant 0,75 de morphine. Il faut compter que la moitié de celle-ci reste dans le dross, et que sur les 37 centigrammes absorbés, 1/8 seulement est retenu par le poumon, le reste étant rejeté par la fumée. Les 40 pipes d'un fumeur moyen

peuvent être remplacées par 20 centigr. d'extrait d'opium, c'est-à-dire par 4 centigr. de morphine. Les Chinois ont toujours sur eux, au cas où ils risqueraient d'être privés de leur pipe, des pilules contenant du chandoo, de la réglisse et du colcotar, qui suffisent à les soustraire au guien, et je pourrais citer tel pharmacien des colonies qui réalise en ce moment une petite fortune, en vendant une préparation opiacée qui remplace la pipe en lui substituant une autre habitude dont il est ensuite très facile de se débarrasser. Ce pharmacien s'est guéri ainsi lui-même après avoir été très gros fumeur pendant plus de 25 ans.

Environ 40 °/₀ du chandoo employé n'est point brûlé, mais reste à l'intérieur du fourneau sous forme d'un résidu qu'on détache au racloir après chaque séance, masse noirâtre, friable, d'odeur, forte, encore riche en morphine ; c'est le *Dross*, déjà plusieurs fois nommé, dont la valeur marchande est encore de 125 fr. le kil., tandis que le chandoo en vaut 220. De ce dross, en effet, on peut retirer un extrait plus accessible aux petites bourses et que fument les pauvres diables, soit seul, soit mélangé au chandoo de la régie, bien qu'il soit âcre, d'odeur spéciale et qu'il porte beaucoup à la tête. Il est au chandoo ce qu'un vin falsifié et additionné d'alcool inférieur est au bon vin naturel. Quelques-uns cependant le fument par goût, mais il est des gens qui préfèrent le tord-boyaux aux liqueurs de marque !!

Le dross peut même donner à son tour un deuxième et un troisième dross à l'usage des coolies besogneux. On fait ce qu'on peut, et l'on s'empoisonne suivant ses moyens : nous avons bien en Europe nos ramasseurs de bouts de cigares.

On a proposé de faire acheter le dross par la régie et d'en interdire la vente ; le chandoo serait alors acheté davantage; et l'on a calculé que, de ce chef, le budget de l'Indo-Chine gagnerait plus de deux millions. Si l'on réalisait ce projet, le dross pourrait être vendu en Europe pour l'extraction de la morphine.

J'ai dit que mon intention n'était pas de traiter la toxicologie de la fumée d'opium. Le sujet est long, rebattu, et les développements seraient au moins inutiles. Et pourtant, si la condamnation est générale, l'opium a su trouver des avocats; on trouve toujours des avocats. Comme il faut être véridique, il faut savoir admettre que l'usage et l'abus sont deux choses, ici comme partout. Sans doute de faibles doses sont peu nuisibles, et même prédisposent, dit-on, à l'embonpoint; sans doute on peut citer de nombreux exemples (je viens d'en donner un moi-même) de fumeurs qui ont su se modérer ou même se guérir; sans doute on a exagéré la proportion des fumeurs en Indo-Chine et les effets ressentis par les modérés; sans doute les fumeurs d'opium sont moins en danger que les opiophages ou les morphinomanes; sans doute le chandoo ne semble pas mener à l'aliénation mentale, mais plutôt à l'abrutissement, et il n'abrutit pas plus que l'alcoolisme absinthique (ne trouvez-vous pas que c'est déjà bien assez?); il est encore vrai que le consommateur d'opium supérieur est moins vite et moins profondément atteint que le fumeur de dross ou de mauvais chandoo; mais tout cela, ce sont des circonstances très mal atténuantes pour un vice dont on tient à ne point se débarrasser. Les faits sont là; certes on ne meurt pas pour quelques pipes d'opium, mais le cercle vicieux se ferme presque fatalement: une fois les premières nausées surmontées, comme pour le premier cigare, on revient toujours plus volontiers à la recherche de cette félicité parfaite, de ces sensations agréables, de ce repos, de cette quiétude exquise, qui n'est pas le sommeil, mais au contraire une délicieuse insomnie avec un agréable abattement, comme celui que procure un bon lit après une journée de fatigue, sans rêves extraordinaires, mais avec des images riantes (fallacieuses sans doute, mais qu'importe si on les croit réelles), et surtout avec la disparition complète de tout souci terrestre, puisqu'on n'appartient plus à la terre. Ensuite c'est le sommeil lourd et sans

rêves ; bientôt c'est aussi le réveil, avec la tête vide, la bouche épaisse et pâteuse, les idées troubles et l'atroce migraine, avec le cercle de fer qui serre les tempes ! Il est loin le paradis de naguère ! Vite un peu d'opium pour se remettre d'aplomb et pour pouvoir vaquer à ses occupations. Puis à la fin du jour, à l'heure ordinaire de la pipe, arrive le guien, c'est-à-dire cette sensation pénible, ce besoin de fumer qu'éprouvent les habitués, état spécial qui se traduit par des bâillements, de la lassitude, des sueurs, une irritabilité extrême, des pandiculations, des douleurs musculaires, du trouble dans les idées, des vertiges et un malaise général inexprimable. Dès qu'il le peut, le malheureux se jette goulûment sur sa pipe et tout disparaît. Comment résisterait-il ? et quelle force d'âme ne faut-il pas pour retirer le doigt de cet abominable engrenage ?

Et je ne fais même pas entrer en ligne de compte les cas les plus graves, ceux des malheureux arrivés au dernier degré de la cachexie et de l'amaigrissement, de ces squelettes ambulants, spectres au teint de cire, au visage bouffi, à la parole affaiblie et embarrassée, aux yeux hagards et chassieux, cerclés de bistre, aux dents déchaussées, aux muqueuses sécrétantes, à la démarche hésitante, poursuivis, dès qu'ils n'ont plus leur pipe, par les insomnies, les vertiges et les hallucinations ; dont toutes les grandes fonctions sont atteintes ; de ces vieillards anticipés, au visage de souffrance, incapables de tout travail, bientôt plongés dans la misère et poussés souvent à l'escroquerie, au vol ou au crime pour satisfaire leur passion ; de ces êtres qu'on a appelés des squelettes idiots, et qui ne meurent, hélas, que trop lentement, dans la lamentable agonie d'un gâtisme prolongé, à moins qu'une heureuse maladie intercurrente ne vienne hâter leur fin : délivrance trop tardive pour eux-mêmes et pour leur famille. Je ne les compte pas, parce que les Européens n'en arrivent pas là d'ordinaire. Mais il faut se souvenir que, même par les faibles doses ré-

pétées, l'intelligence est atteinte, alors que le malade, sous l'influence de son poison, la croit extrêmement vive. L'exaltation des facultés par suractivité morbide n'est, en effet, qu'apparente : tout semble facile, mais il manque toujours l'attention réelle, le jugement et la volonté. Exemple typique, l'histoire de ce fonctionnaire dont le rapport fut considéré à bon droit comme l'œuvre d'un fou, alors qu'il se vantait auprès de tous d'avoir, sous l'influence de l'opium, produit une œuvre supérieure.

Et plus tard, lorsque l'intelligence commence à sombrer, la pipe seule est capable de l'éveiller encore. Et dès lors c'est la perte du sens moral, c'est l'indifférence aux affections les plus chères, c'est le sacrifice à la pipe, de la famille, de la carrière, de l'honneur même : le malheureux est irrémédiablement perdu et entraîne avec lui tous les siens dans sa ruine matérielle et morale.

Il semble que dans la lutte pour la vie, aussi réelle pour les nations que pour les hommes, le premier souci des gouvernements devrait être de proscrire ou tout au moins de combattre énergiquement toutes les causes de débilitation de la race. Les nécessités budgétaires et les intérêts commerciaux en décident, paraît-il, autrement. Si l'on me demande mon avis sur cette question, je le donnerai peut-être avec trop d'énergie : l'Etat, marchand d'alcool ou d'opium, avec l'estampille officielle et la garantie d'un empoisonnement dans les règles, me paraît une chose monstrueuse : du moins devrait-il payer les frais de pompes funèbres ! Une fois dans cette voie, il peut aussi ouvrir des salles de jeu et vendre des billets de loterie et des publications pornographiques : la clientèle et les bénéfices sont assurés.

Mais j'oublie que cette communication ne veut être qu'un exposé de faits et non une leçon de philosophie sociale. Il ne m'appartient pas de chercher s'il y a compatibilité entre la morale et la politique, entre l'hygiène et le budget. Je préfère examiner en terminant s'il est ou non possible de

supprimer en Indo-Chine la bouillerie d'opium. Certes on pouvait et on devait ne pas la créer ; mais dans l'état actuel des choses, la suppression immédiate ne semble ni pratique, ni utile. L'habitude prise est telle (la moitié des Annamites et les 4/5 des Chinois fument), qu'on ne saurait compter sur l'efficacité des châtiments. De plus la fabrication officielle serait, quoi qu'on fît, remplacée par la contrebande et l'on aurait creusé dans le budget un énorme trou sans bénéfice aucun. Mais on peut et il faut préparer cette fermeture : pour cela, avant toute chose, diminuer peu à peu la consommation : fermer par extinction les fumeries existantes, organiser dans toutes les écoles un sérieux enseignement contre l'opium, écarter impitoyablement de toute fonction publique les indigènes adonnés à ce vice, enfin ne point se contenter, comme on le fait aujourd'hui, d'avertir ou de retarder dans leur avancement les fonctionnaires français reconnus fumeurs avérés, mais faire de cette habitude un cas de révocation ou de rappel immédiat dans la métropole. En France même, nous avons moins encore de ménagements à garder ; il faut agir, agir vite, agir vigoureusement ; il faut qu'en dehors des pharmacies strictement surveillées, on ne puisse chez nous ni apporter, ni acheter d'opium. Défendre les hommes contre leur propre faiblesse, les préserver s'il se peut des vices dégradants, tenir haut le niveau moral du pays, veiller à la santé physique des citoyens, et pour cela combattre corps à corps toutes les causes d'affaiblissement de la volonté, conserver ainsi à la nation le *mens sana in corpore sano*, ce doit être un idéal pour tous les gouvernements ; c'est un devoir absolu pour une démocratie.

Et chaque citoyen averti doit, pour sa petite part, contribuer à la lutte en disant autour de lui ce qu'il sait. C'est ce que j'ai essayé de faire ce soir. Oui, certes, nous combattrons ce nouveau fléau social. Ce n'est pas au moment où nous espérons mettre bientôt l'Absinthe à la porte que nous laisserons l'Opium entrer par la fenêtre. Nous les jetterons dehors ensemble, et nous saurons barricader les ouvertures !

SUR LA DÉTENTE ADIABATIQUE DES VAPEURS SATURÉES

Par M. Georges MESLIN

[Extrait du cours de Thermodynamique de M. Meslin]

Lorsqu'on opère la détente ou la compression adiabatique d'une vapeur saturée au contact d'un léger excès de liquide (le titre x étant voisin de l'unité), le sens du phénomène est réglé par le signe du coefficient m' qui représente la chaleur spécifique de vapeur saturée, et la détente est *toujours* accompagnée d'un abaissement de température.

Cette conclusion, à laquelle bien des physiciens sont parvenus par des méthodes différentes, a été mise en doute[1] et le calcul peut, en effet, être présenté sous une forme telle qu'il semble que dans le cas où m' est négatif, le phénomène (modification du titre et changement de température) aurait un sens variable suivant la nature de la relation qui existe entre

$$u, u', \mathrm{L}, m' \text{ et } \frac{du'}{dt}.$$

Cependant, on peut reconnaître, et c'est le but de cet étude, que cette incertitude ne subsiste plus lorsqu'on tient compte des équations obtenues par l'application des deux principes fondamentaux de la thermodynamique, principe de l'équivalence et principe de Carnot.

Après avoir envisagé le cas où le titre est voisin de l'unité (car dans les calculs en question, x était de la forme $1 + \varepsilon$ et ε tendait vers zéro), nous étudierons le cas général où le

[1] Lippmann. Thermodynamique, p. 172.

titre est quelconque et nous démontrerons encore par la même méthode que le signe de $\frac{dt}{dv}$ est toujours négatif et indépendant de celui de m'.

Tout d'abord, l'une des conclusions indiquées, à savoir que $\frac{dt}{dv}$ pourrait être positif s'il existe une relation convenable entre u, u', m', etc..... ne peut manquer d'étonner à première vue ; car d'un côté l'augmentation de volume est corrélative d'une diminution de pression supportée et l'équilibre correspondant à une pression plus faible est lié à une température également plus faible puisque la tension de vapeur p varie dans le même sens que la température t.

Mais, indépendamment de cette remarque, très nettement formulée par M. Raveau [1] et à cause même de la façon dont ce calcul a été présenté, il est bon de se rendre compte directement, par l'étude des équations, que la contradiction signalée n'existe pas.

Cette circonstance paradoxale serait réalisée si on avait :

$$m' < \frac{L\frac{du'}{dt}}{u'-u} \qquad (1)$$

dans ce cas la détente adiabatique d'une vapeur de titre voisin de l'unité (car les calculs sont relatifs à ce cas) serait accompagnée d'une élévation de température et de même elle entraînerait (m' étant négatif) une vaporisation et non une condensation.

L'abaissement de température et la condensation ne seraient au contraire nécessaires dans le même cas que si on avait :

$$m' > \frac{L\frac{du'}{dt}}{u'-u} \qquad (2)$$

[1] *Journal de Physique*, 1892, p. 471.

Or, il est facile de voir que l'inégalité (2) est *toujours* réalisée, tandis que l'inégalité (1) ne l'est *jamais*. On reconnaîtra ainsi que ce calcul, conduit jusqu'au bout, est tout à fait d'accord avec ce qui a été établi d'autre part soit par la théorie, soit par l'expérience (Clausius, Phillips, Duhem, Raveau, Mathias).

On a en effet :

$$m' = m + \frac{dL}{dT} - \frac{L}{T} \quad \text{ou} : m' = m + T\,\frac{d\left(\frac{L}{T}\right)}{dt}$$

l'inégalité (2) devient donc

$$m + T\,\frac{d\left(\frac{L}{T}\right)}{dt} > \frac{L\,\frac{du'}{dt}}{u' - u} \qquad (3)$$

Eliminons L en le tirant de la formule de Clapeyron

$$\frac{L}{T} = A\,(u' - u)\,\frac{dp}{dt}$$

$$\frac{d\left(\frac{L}{T}\right)}{dt} = A\,(u' - u)\,\frac{d^2p}{dt^2} + A\,\frac{d\,(u' - u)}{dt}\,\frac{dp}{dt} \qquad (4)$$

en négligeant $\frac{du}{dt}$ (dilatation du liquide saturé qui est très faible loin du point critique) et en portant dans (3), il vient :

$$m + AT\,(u' - u)\,\frac{d^2p}{dt^2} > 0$$

qui est toujours satisfaite puisque la courbe des tensions de vapeurs est régulièrement ascendante sans inflexion, la concavité étant constamment tournée vers le haut.

C'est donc toujours l'inégalité (2) qui est satisfaite et on a constamment, *lorsque le titre est voisin de 1 :*

$$\frac{dx}{dv} < 0 \quad \text{si } m' \text{ est négatif}$$

de même que ce terme était positif en même temps que m'; aussi bien $\frac{dt}{dv}$ est toujours négatif dans les mêmes conditions, puisque c'est la même inégalité qu'il y avait lieu d'envisager.

On peut d'ailleurs écrire l'expression de $\frac{dx}{d\varphi}$ de façon à mettre m' en évidence :

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{1}{u' - u - \frac{L}{m'}\frac{du'}{dt}} = \frac{1}{\frac{L}{AT\frac{dp}{dt}} - \frac{L}{m'}\frac{du'}{dt}}$$

et en tenant compte de l'équation (4)

$$\text{la relation } m' - m = T\frac{d\left(\frac{L}{T}\right)}{dt}$$

devient :

$$m' - m = AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2} + AT\frac{du'}{dt}\frac{dp}{dt} \quad (5)$$

d'où l'on tire :

$$\frac{du'}{dt} = \frac{m' - m - AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2}}{AT\frac{dp}{dt}}$$

qui portée dans l'expression de $\frac{dx}{d\varphi}$ donne :

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{\frac{1}{L}}{\frac{1}{AT\frac{dp}{dt}} - \frac{m' - m - AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2}}{m'\,AT\frac{dp}{dt}}}$$

ou :

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{m'\frac{AT}{L}\frac{dp}{dt}}{m + AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2}} = \frac{\frac{m'}{u' - u}}{m + AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2}}$$

qui est toujours du signe de m'.

De même :

$$\frac{dt}{d\varphi} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{L}\,\frac{du'}{dt} - m'(u'-u)} = \frac{\mathrm{AT}\,(u'-u)\,\frac{dp}{dt}}{\mathrm{AT}\,(u'-u)\frac{du'}{dt}\,\frac{dp}{dt} - m'(u'-u)}$$

et en remplaçant $\mathrm{AT}\,\frac{du'}{dt}\,\frac{dp}{dt}$ par sa valeur tirée de (5) on a :

$$\frac{dt}{d\varphi} = \frac{\mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}}{-m - \mathrm{AT}\,(u'-u)\,\frac{d^2p}{dt^2}}$$

qui est indépendant de m' et toujours négatif.

Nous allons maintenant nous affranchir de la restriction énoncée et rechercher par la même méthode ce qui se produit quelle que soit la valeur du titre ; nous verrons que $\frac{dt}{d\varphi}$ est à la fois indépendant et du titre et du signe de m' si bien que l'on a toujours :

$$\frac{dt}{d\varphi} < 0$$

quant à $\frac{dx}{d\varphi}$, il a, lorsque m' est négatif, un signe variable avec le titre réalisé ; c'est seulement dans ce cas que l'on peut dire que le signe de m' ne détermine pas à lui seul le sens du phénomène en ce qui concerne la variation dx du titre.

On peut considérer cette conclusion comme légitimant la méthode de calcul fréquemment employée et qui consiste à envisager $\frac{dx}{dt}$, facile à obtenir par l'équation :

$$[m + x\,(m' - m)]\,dt + \mathrm{L}\,dx = 0$$

ou

$$\left[m + x\,\left(\frac{d\mathrm{L}}{dt} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right)\right]\,dt + \mathrm{L}\,dx = 0$$

ce qui permet de prévoir toutes les circonstances relatives au

phénomène, puisque dt est toujours relié de la même façon à dv et que l'expansion se traduit nécessairement par

$$dt < 0$$

qui exprime exactement la condition

$$dv > 0$$

La quantité de chaleur nécessitée par la transformation est :

$$dQ = m\,(1-x)\,dt + m'x\,dt + L\,dx$$

la modification étant adiabatique, on a :

$$m\,dt + (m'-m)\,x\,dt + L\,dx = 0 \qquad (6)$$

D'autre part, $v = u\,(1-x) + u'x$

$$\text{et } dv = \frac{dv}{dx}\,dx + \frac{dv}{dt}dt$$

$$dv = (u'-u)\,dx + \left[\frac{du}{dt} + x\left(\frac{du'}{dt} - \frac{du}{dt}\right)\right]dt \qquad (7)$$

En éliminant dx entre les équations (6) et (7) on aura $\frac{dt}{dv}$

$$\frac{dt}{dv} = -\frac{1}{(u'-u)\,\dfrac{m + x\,(m'-m)}{L} - x\,\dfrac{du'}{dt} - (1-x)\,\dfrac{du}{dt}}$$

et avec la même approximation que plus haut en ce qui concerne $\frac{du}{dt}$

$$\frac{dt}{dv} = \frac{1}{(u'-u)\,\dfrac{m + x\,(m'-m)}{L} - x\,\dfrac{du'}{dt}}$$

$$\frac{dt}{dv} = -\frac{1}{\dfrac{m+x\,(m'-m)}{AT\,\dfrac{dp}{dt}} - x\dfrac{du'}{dt}} = -\frac{AT\,\dfrac{dp}{dt}}{m + x(m'-m) - x\,AT\,\dfrac{dp}{dt}\,\dfrac{du'}{dt}}$$

et en tenant compte de la relation établie ci-dessus,

$$m' - m = \mathrm{AT}\,(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2} + \mathrm{AT}\frac{dp}{dt}\frac{du'}{dt}$$

$$\frac{dt}{d\varphi} = -\frac{\mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}}{m + x\,\mathrm{AT}\,(u' - u)\,\dfrac{d^2p}{dt^2}}$$

qui montre que $\frac{dt}{d\varphi}$ est toujours négatif et indépendant de m'.

Faisons enfin le calcul complet sans négliger $\frac{du}{dt}$, de façon à prévoir aussi ce qui se passera au voisinage du point critique.

$$\frac{dt}{d\varphi} = -\frac{1}{(u' - u)\,\dfrac{m + x\,(m' - m)}{\mathrm{L}} - \dfrac{du}{dt} - x\left(\dfrac{du'}{dt} - \dfrac{du}{dt}\right)}$$

$$= -\frac{1}{\dfrac{m + x\,(m' - m)}{\mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}} - \dfrac{du}{dt} - x\left(\dfrac{du'}{dt} - \dfrac{du}{dt}\right)}$$

$$= -\frac{\mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}}{m + x(m' - m) - \mathrm{AT}\dfrac{dp}{dt}\dfrac{du}{dt} - \mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}\,x\left(\dfrac{du'}{dt} - \dfrac{du}{dt}\right)}$$

et comme d'autre part

$$m' - m = \mathrm{AT}\,(u' - u)\,\frac{d^2p}{dt^2} + \mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}\left(\frac{du'}{dt} - \frac{du}{dt}\right)$$

il vient :

$$\frac{dt}{d\varphi} = -\frac{\mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}}{m + x\,\mathrm{AT}\,(u' - u)\dfrac{d^2p}{dt^2} - \mathrm{AT}\,\dfrac{dp}{dt}\,\dfrac{du}{dt}}$$

au voisinage du point critique $\frac{du}{dt}$ augmente indéfiniment, ce

qui semble contredire les conclusions précédentes, mais il en est de même de m, et en vertu de l'équation

$$m = c + l\frac{du}{dt} = c + \mathrm{AT}\left(\frac{dp}{dt}\right)\frac{du}{dt}$$ [1]

$\frac{dt}{dv}$ s'écrit :

$$\frac{dt}{dv} = -\frac{\mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}}{c + x\,\mathrm{AT}\,(u' - u)\,\frac{d^2p}{dt^2} + \mathrm{AT}\left(\frac{dp}{dt}\right)\frac{du}{dt} - \mathrm{AT}\,\frac{du}{dt}\,\frac{dp}{dt}}$$

l'ensemble des deux derniers termes du dénominateur se présente sous la forme indéterminée $\infty - \infty$; mais il est aisé de lever l'indétermination et de reconnaître que cette différence augmente indéfiniment tout en gardant le signe positif.

$$\frac{dt}{dx} = -\frac{\mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}}{c + x\,\mathrm{AT}\,(u' - u)\,\frac{d^2p}{dt^2} + \mathrm{AT}\,\frac{du}{dt}\left[\left(\frac{dp}{dt}\right) - \frac{dp}{dt}\right]}$$

Il suffit pour cela de tenir compte de l'équation

$$\frac{\frac{dp}{dt}}{\left(\frac{dp}{dt}\right)} + \frac{\frac{du}{dt}}{\left(\frac{dv}{dt}\right)} = 1$$

que j'ai démontrée d'autre part [2].

Elle permet de conclure en effet que

$$\left(\frac{dp}{dt}\right) \text{ est toujours supérieur à } \frac{dp}{dt}$$

[1] $\frac{dp}{dt}$ indique le rapport entre les variations de p et de t, à *volume constant* de même plus loin $\frac{dv}{dt}$ indique le rapport entre les variations de v et de t, à *pression constante*; ces termes se rapportent à l'étude de la dilatation des liquides surcomprimés.

[2] *Journal de Physique*. 1909

et que le dénominateur augmente indéfiniment ; dt est donc toujours de signe contraire à dv et la compression produit toujours une élévation de température qui est, au voisinage du point critique, comme l'avait énoncé déjà M. Duhem, un infiniment petit par rapport à la variation du volume.

DEUXIÈME SÉRIE

(In-8°, en cours de publication depuis 1893)

TOME I[er] (1893-1894).....	Fr.	15 »	TOME III (1901-1907).....		15 »
Fascicule 1 (1893).....		10 »	Fascicule 1 (1901).....		3 »
— 2 (1893).....		2 »	— 2 (1902).....		3 »
— 3 (1893).....		2 »	— 3 (1903).....		2 »
— 4 (1894).....		1 »	— 4 (1904)..		2 »
TOME II (1894-1909).....		15 »	— 5 (1906).....		1 »
Fascicule 1 (1894).....		2 »	— 6 (1907).....		2 »
— 2 (1895).....		1 »	— 7 (1907)....		1 »
— 3 (1896).....		6 »	— 8 (1907)...		1 »
— 4 (1896).....		1 »	TOME IV (*en cours de publication*)		
— 5 (1898).....		3 »	Fascicule 1 (1908).....	Fr.	2 »
— 6 (1899).....	Fr.	1 50	— 2 (1909).....		2 »
— 7 (1900).....		2 »			

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION DES SCIENCES

Année 1847 (in-8°).....	Fr.	2 »	Années 1852-53 (in-8°).....	Fr.	2 »
Année 1848 (in-8°).....		2 »	Années 1853-54 (in-8°).....		2 »
Année 1849 (in-8°).....		2 »	Année 1863 (in-4°).....		2 »
Année 1850 (in-8°).....		2 »	Année 1864 (in-4°).....		2 »
Années 1850-51 (in-8°)....		2 »	Année 1865 (in-4°).....		2 »
Années 1851-52 (in-8°).....		2 »			

Séance publique de l'année 1847 (in-4°)..... Fr. 3 »

Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier, par Junius Castelnau, précédé de la vie de l'auteur et suivi d'une Notice historique sur la Société des Sciences et Belles-Lettres de la même ville, par Eugène Thomas (1858, in-4°)..... 15 »

Catalogue de la Bibliothèque de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, par Émile Bonnet. *Première partie :* Travaux des Sociétés savantes et Établissements scientifiques, Publications officielles, Recueils périodiques (1901, in-8°)..... .... 5 »

500
M519
Ser.2
v.4:3

DÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LES ZOOPTÈRES, PAR **M.** LE **D^r AMANS.** — ORIGINE ET ACTIVITÉ THÉRAPEUTIQUE DES EAUX MINÉRALES, PAR **M. A. ASTRUC.** — ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LES ZOOPTÈRES (SUITE), PAR **M. AMANS.**

2^e SÉRIE — TOME IV

N° 3

MONTPELLIER
IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

1911

Illinois State Natural History Survey
Library

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892.

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 530
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	105
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	250
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	180

2e série, in-8°, en cours de publication depuis 1893.

Section de Médecine.....	3 vol.	Fr. 36
Section des Sciences.....	3 vol.	45
Section des Lettres.....	4 vol.	48

SECTION DES SCIENCES

PREMIÈRE SÉRIE

(in-4°, 1847-1892).

TOME Ier (1847-1850).....	Fr. 25 »
Fascicule 1 (1847).....	4 »
— 2 (1848).....	10 »
— 3 (1849).....	5 »
— 4 (1850).....	6 »
TOME II (1851-1854).....	25 »
Fascicule 1 (1851).....	5 »
— 2 (1852-53).....	7 50
— 3 (1854).....	*épuisé*
TOME III (1855-1857).....	25 »
Fascicule 1 (1855).....	8 50
— 2 (1856).....	8 50
— 3 (1857).....	8 »
TOME IV (1858-1860).....	23 »
Fascicule 1 (1858).....	6 »
— 2 (1859).....	9 »
— 3 (1860).....	9 »
TOME V (1861-1863).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1861).....	10 »
2 (1862).....	8 »
— 3 (1863).....	5 »
OME VI (1864-1866).....	23 »
ascicule 1 (1864).....	*épuisé*
— 2 (1865).....	6 »
— 3 (1866).....	6 »
TOME VII (1867-1870).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1867).....	6 »
— 2 (1868)	*épuisé*
— 3 (1869).....	6 »
— 4 (1870).....	4 »
TOME VIII (1872-1875)....	23 »
Fascicule 1 (1872).....	6 »
— 2 (1873).....	6 »
— 3 (1874).....	6 »
— 4 (1875).....	5 »
TOME IX (1876-1879).....	23 »
Fascicule 1 (1876).....	6 50
— 2 (1877-1878)....	7 50
— 3 (1879).....	9 »
TOME X (1880-1884).....	23 »
Fascicule 1 (1880-1881)....	7 50
— 2 (1882).....	7 50
— 3 (1883-1884)	8 »
TOME XI (1885-1892).....	23 »
Fascicule 1 (1885-1886)	9 »
— 2 (1887-1890) ...	7 »
— 3 (1890-1892)....	7 »

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LES ZOOPTÈRES

Par le Dr **AMANS**

I. Construction et mode d'emploi de balances acrodynamiques

La résultante de toutes les forces qui agissent sur un corps immobile ou non, plongé dans un fluide en repos ou en mouvement, peut se décomposer en trois forces perpendiculaires entre elles, dirigées suivant trois axes de coordonnées : *ox*, *oy*, *oz*.

Dans de précédentes communications [1], j'ai étudié les résistances aériennes sur des pales tournantes en air calme, au point fixe. J'ai mesuré : 1° l'effort nécessaire pour empêcher l'hélice d'avancer : c'est la force propulsive dirigée suivant *ox*, *ox* étant parallèle à l'axe de rotation; 2° la force motrice suivant *oy* ; en multipliant cette force par le nombre de tours et la circonférence du point d'application, on a le travail de rotation. Quant à la troisième composante, elle est perpendiculaire à l'axe, sur lequel elle réagit, lorsqu'elle ne s'équilibre pas avec sa symétrique dans un système d'hélice à deux pales. Personne, que je sache, ne s'est préoccupé de cette composante; j'en donnerai quelques mesures pour les pales animales ou zooptères, plongées immobiles dans un courant d'air.

Depuis Newton et Galilée, on a surtout étudié la résistance sur des plans minces perpendiculaires ou inclinés sur le cou-

(1) *Etudes expérimentales sur les zooptères*. Edit. Vivien, Paris.

rant. Pour les surfaces courbes, on n'a connu longtemps que les tables de Lilienthal ; elles ont paru à la même époque où je publiais mes premières recherches sur les pales tournantes, sur les hélices zooptères (1889)[1].

Lilienthal n'empruntait guère qu'un facteur à l'aile animale, la concavité ; il découpait une surface en forme de calotte allongée, plus ou moins concave, plaçait cette surface sur des appareils spéciaux dans un courant d'air. Il mesurait la composante horizontale ou résistance à l'avancement suivant *ox* (*ox* étant la direction du courant d'air) et la composante verticale ou force de sustentation suivant *oz*. Quant à la troisième composante, il n'en était pas question, ces calottes étant symétriques par rapport au plan des *xz*.

Lilienthal a voulu démontrer par ces mesures la supériorité des ailes concaves sur les planes, employées comme surfaces d'aéroplanes ; c'était la justification expérimentale des théorèmes des diédres, que j'avais émis six ans auparavant. Je démontrais en même temps cette même supériorité pour les pales tournantes, et c'est maintenant un fait acquis, qu'il s'agisse d'aéroplane ou d'hélice. Je reprocherai seulement au travail de Lilienthal d'être incomplet, et exécuté avec des appareils peu recommandables.

Le travail est incomplet, puisqu'il n'emprunte guère à l'animal qu'un seul facteur, la concavité, et encore sans une idée bien exacte de cette concavité. Quant aux appareils, il en avait construit de deux sortes : 1° la surface était placée à l'extrémité d'un bras de manège tournant, très court. Laissons de côté pour le moment ce manége et les critiques qu'il suggère ; 2° deux balances à fléau simple ; chaque fléau était formé de deux bras rigoureusement égaux. Les deux balances étaient identiques, avec cette différence que dans une, le fléau

(1) *Der Vogelflüg*, Berlin, 1889. Perfectionnement des hélices aériennes (Congrès aéron., Paris, 1889. Congrès de l'A. F. A. S. Marseille, 1891).

oussée de l'air, la *traînée*, l'autre, la sustentation.
ds mobile sur l'un des bras servait à équilibrer
dis qu'un peson mesurait la composante aérienne.
n'est pas exacte, si j'ai bien compris la descrip-
nthal. Il donne à chaque composante la valeur
le peson, sous prétexte que le peson et la surface
ux extrémités de deux bras de levier rigoureuse-
Ce raisonnement n'est exact qu'à la condition
lotte au centre de poussée ; mais celui-ci est un
nous ne voyons dans le travail de Lilienthal
de le mesurer.
outre remarquer que Lilienthal opérait en plein
posait à de nombreuses erreurs.
nment, les officiers du génie italien ont opéré
leures conditions. Ils placent l'objet dans le cou-
oduit par un puissant ventilateur ; cet objet est
e balance spéciale qui doit donner à la fois la
zontale, la sustentation et le centre de poussée.
ose de trois fléaux, roulant successivement l'un
tour d'un axe horizontal. Dans la position d'équi-
mier fléau, celui qui porte tous les autres, est
econd est horizontal, et le troisième qui porte la
aintenu à un certain angle sur l'horizon, quand
dier l'influence de cet angle sur la résistance

ment, cette balance est irréprochable, mais je
e dans la pratique, elle n'occasionne des tâton-
idieux, surtout pour le réglage de l'angle d'inci-
change au premier coup de vent, et c'est là, à

La balance Rateau est plus simple : le solide à étudier est placé dans un cadre vertical, muni à sa partie supérieure de deux flotteurs, plongeant dans un liquide. La force de sustentation est équilibrée par des poids suspendus à la partie inférieure du cadre. La force de recul est équilibrée par une balance à axe horizontal. Détail important : l'axe de suspension de la surface à étudier passe par le centre de poussée, préalablement déterminé. M. Rateau échappe ainsi au reproche que j'adressais plus haut à la méthode Lilienthal.

Turnbull y échappe encore, tout en se servant de balances à fléau simple, l'une pour la sustentation, l'autre pour le recul. Il est vrai qu'il ne peut guère étudier que des solides à périmètre carré ou rectangulaire.

Ma méthode est la suivante : je mesure séparément les trois composantes, et la position du centre de poussée. Je remplace le fléau simple par un parallélogramme articulé pour la mesure des trois composantes. Une paire de balances à fléau simple me sert à déterminer le centre de poussée, une fois que je connais les composantes. J'opère enfin avec une constance de vitesse impeccable. Voici, du reste, quelques détails sur la méthode :

Vitesse. — Pour avoir une vitesse constante, je me sers soit d'un moteur à contre-poids, soit d'un tour à pédale, marchant au métronome. Il me sert à faire tourner une hélice zooptère, de préférence à toute autre, parce qu'elle me donne une rivière compacte, à filets sensiblement parallèles et de même vitesse ou isotaques, du moins à une certaine distance de l'équateur.

Balance a axes et fléaux horizontaux

C'est la balance de Roberval, d'un usage universel. Je l'ai adoptée, parce que : 1° on peut placer le corps à peser, en un point quelconque du plateau sans modifier l'équilibre ; 2° s'il y a balancement, le corps se déplace parallèlement à lui-même, c'est-à-dire que si, par exemple, la palette à étudier est inclinée à 10° sur l'horizon, elle restera inclinée à 10° tout le temps

du balancement. Grâce à ces deux propriétés, je puis placer le corps à étudier en un point quelconque du plateau, sans me préoccuper de sa distance à l'arbre central de suspension, et dans les tâtonnements de la pesée, quelles que soient les oscillations du plateau, je suis sûr que l'inclinaison de ma surface sur le courant ne change pas.

La force de montée passe par l'extrémité du bras de levier de la balance, quelle que soit la distance du centre de poussée à l'arête des couteaux du plateau du porte-palette : c'est entendu, mais cette distance n'est pas indifférente au bon fonctionnement des couteaux. Le roulement est bien plus doux, la balance plus sensible, si connaissant le poids de l'aile et sa force présumée de montée, on les équilibre par rapport à l'arête articulaire du plateau correspondant.

Il faut en outre remarquer que la Roberval ordinaire n'a à peser que des forces verticales, et qu'ici les forces sont obliques. A une forte incidence, au-dessus de 40 ou 45°, c'est la force de recul qui prédomine, jusqu'à devenir presque la seule au voisinage de 90°. Dans ces conditions, les couteaux tendent à grimper sur les plans du palier diédrique, ce qui diminue la sensibilité. Il est vrai qu'on assure la stabilité des couteaux en surchargeant les plateaux, mais cette surcharge diminue, elle aussi, la sensibilité. Je suis sorti de ce cercle vicieux par la combinaison suivante :

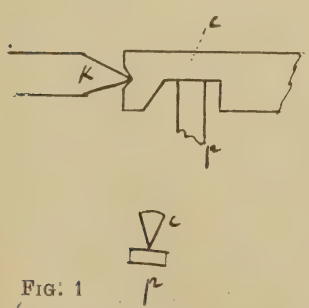


FIG. 1

Les couteaux ont la forme habituelle (*c*. fig. 1), mais ils sont façonnés dans une tige, ayant un trou conique à chaque extrémité. Ce trou est destiné à recevoir une vis à pointeau (*k*); *l'axe du pointeau et du cône est le même que l'arête des couteaux*. Ceux-ci, bien entendu, reposent sur un plan d'agate (*p*); tout l'effort vertical repose sur ce plan, mais les composantes horizontales et transver-

sales ne sauraient déplacer les couteaux : le système à pointeau s'y oppose. Le frottement par ce système est bien moindre ; je ne l'ai pas encore expérimenté, mais j'en espère une exactitude plus grande qu'avec la balance ordinaire.

Balance a axes horizontaux et fléaux verticaux

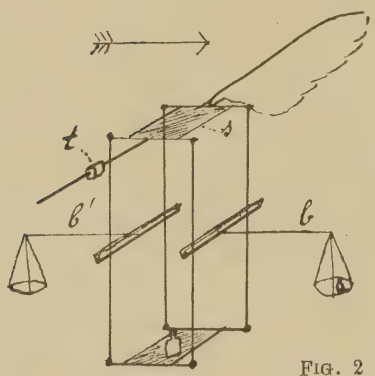


Fig. 2

Cette balance est comme la précédente basée sur le principe du parallélogramme articulé; le roulement a lieu par le système à couteaux, mais il peut être perfectionné par le système mixte couteau-pointeau. En plaçant les arêtes parallèles au courant, on mesure la composante transversale ; en les plaçant perpendiculaires au courant, on mesure la force de recul.

A cet effet, la balance est munie de 2 petits fléaux horizontaux constitués par une tige d'acier, portant à leurs extrémités suspendus par un crochet en *S* deux petits plateaux en aluminium. Les fléaux verticaux inférieurs de la balance sont de même poids et longueur que les fléaux supérieurs.

La palette à étudier se place sur le plateau supérieur, mais en dehors de celui-ci, de manière à n'exposer au courant d'air que la palette, le restant de la balance étant abrité du vent. Il est important comme précédemment d'équilibrer le poids de la pale et la montée par rapport aux axes de roulement du plateau correspondant. A cet effet le plateau *s* porte une tige à curseur pesant (*t*. fig. 2).

Il faut aussi les équilibrer par rapport aux couteaux centraux de suspension, de manière à avoir l'équilibre indifférent.

Balance a axes verticaux et fléaux horizontaux

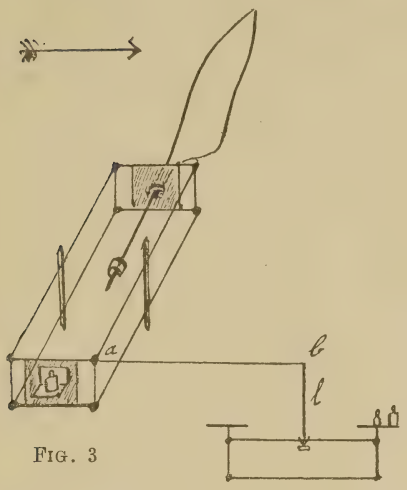


Fig. 3

C'est aussi un parallélogramme articulé, mais les axes sont verticaux, et roulent en pointeaux sur des cônes en verre poli. Elle peut comme la précédente mesurer les composantes horizontales (frontale et latérale) en plaçant les fléaux soit perpendiculaires au courant, soit parallèles.

La fig. 3 indique comment on les mesure. Un Roberval ordinaire porte un 3^{me} fléau vertical l ; un fil souple très fin réunit ce fléau à la balance porte-palette. Dans la position d'équilibre, le 3^{me} bras de la Roberval doit rester vertical. Cette méthode est plus exacte que celle des ressorts à boudin, ou des poids avec poulie intermédiaire.

Cette balance m'a donné identiquement les mêmes pesées que la précédente, sauf pour les petits angles, où elle était moins sensible. Cela dépendait d'un bras de levier plus court; du reste, ainsi que je m'en suis assuré, à égalité de poids et de bras de levier, le système à couteaux est plus roulant, fatigue moins que le système à pointeaux. C'est pour cela que dans mon système mixte applicable aux deux premiers types de balances décrites, je fais peser toute la charge sur les couteaux, en ne laissant aux pointeaux que le rôle de vis de butée latérale.

Fléaux simples

J'obtiens la position du centre de poussée au moyen de deux balances à fléau simple, à axe horizontal, l'une à fléau hori-

zontal, l'autre à fléau vertical. Deux opérations sont à la rigueur suffisantes pour un monoplan mince, mais il en faut trois si on veut déterminer le centre de poussée d'un solide un peu épais, ou d'un système à plans superposés.

1° Prenons par exemple une aile d'oiseau dont je connais déjà la force de montée (q), et celle de recul (r) pour une certaine incidence (α). Prenons le fléau à axe de rotation horizontal, et mettons cet axe perpendiculaire au courant, le grand axe de l'aile perpendiculaire au bras de fléau, avec l'inclinaison α sur l'horizon, ou sur le courant, car mon courant aérien est horizontal. Soit p_1 le poids suspendu au bras de levier (d) (longueur que nous supposons constante dans les trois opérations). L'équation d'équilibre est

$$(1) \qquad p_1 \, d = x \, q$$

Comme q est connu, nous avons x. Nous savons déjà que le centre de poussée est dans un plan vertical, parallèle à l'axe de rotation de la balance, à la distance x de cet axe (le plan x de la fig. 4).

2° Je place l'axe de la balance parallèle au courant, par suite le fléau perpendiculaire au courant. Je place l'aile identiquement dans la même position par rapport au courant que précédemment. Une seconde pesée me donne.

$$(2) \qquad p_2 \, d = y \, q$$

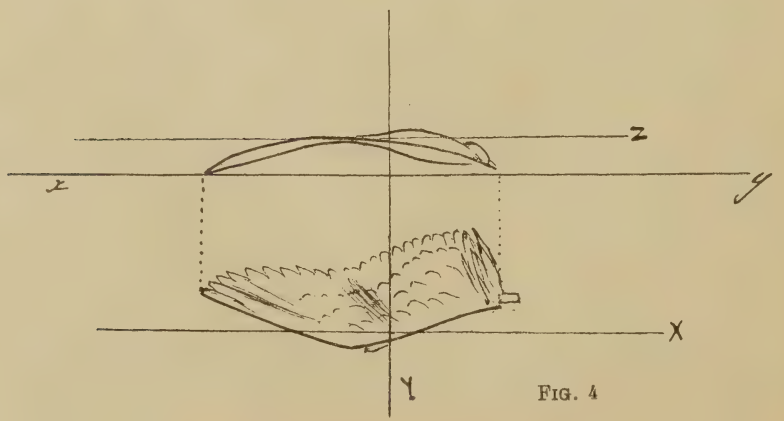


FIG. 4

ièle au courant, ou à l'axe de rotation, à la cet axe. L'intersection des deux plans déterminés s de x et y me donne la ligne verticale, sur ouve le centre de poussée.

ers de la balance à fléau vertical, l'aile étant ée dans le courant dans la même position que t. Une 3me équation d'équilibre me donne

$$(3) \quad p_3 \, d = z \, r$$

i nous avons la position exacte du centre de trouve dans le plan horizontal situé à la distance rotation. L'intersection de ce plan z avec les nts donne le centre de poussée.

us connaissons déjà les valeurs des trois compo- avons ainsi obtenu tous les éléments de la ienne, grandeur, direction et point d'application. a jamais été fait pour les surfaces courbes s, et même pour les surfaces planes ; car pour herchait seulement un des trois plans dont je r, et il était suffisant dans les circonstances où

e analytique que je viens d'exposer me paraît en principe ; dans la pratique, il faut se placer ditions identiques de vitesse, de température, de position, pour mesurer les éléments de la résis- ction de l'inclinaison de l'aile sur le courant. position est d'autant plus nécessaire, qu'il est d'avoir un courant *isotaque*, c'est-à-dire une rme, constante, et la même en tous les points

j'ai montré que la vitesse en un point d'une rivière aérienne produite par un ventilateur varie avec la distance de ce point à l'axe géométrique de rotation de l'hélice, et avec la distance à l'équateur de l'hélice.

La vitesse en un point peut être rendue constante soit par un ventilateur électrique, et interrupteur à force centrifuge, soit plus simplement et plus sûrement par mon procédé en se servant de la pesanteur ou d'un pédalier avec métronome. La difficulté est d'avoir même vitesse en tous les points de la zone où est placée l'aile.

A l'aérodrome du génie italien à Rome, on emploie un ventilateur de $2^{m}50$ de diam. mû par un moteur électrique de 30 H P. Le courant est reçu dans une chambre de détente, sorte de gazomètre cylindrique de 5 mètres de diam. où les mouvements tourbillonnaires seraient détruits. La bouche du ventilateur disposée à l'une des extrémités du hangar présente une section carrée de 1 mètre de côté. Les vitesses réalisées varient de 2 m. à 29 $m/^{s}$.

M Rateau [1] emploie un ventilateur à pale hélicoïde de 1 m. 20 de diam., mû par un moteur à essence de 25 H P. Le courant se rend dans une chambre de 1 m. 60 de côté, renfermant une cloison et un treillage en lattes de bois pour rendre les filets parallèles. Cette chambre se termine par une buse pyramidale avec ouverture carrée de 0 m. 70. La surface à étudier est placée en arrière de cette ouverture.

Dans la méthode dite du *tunnel*, la chambre a une plus grande longueur ; le tunnel de Zahm à Washington a 12 m. de longueur, sur 0 m. 55 de section ; celui de l'Institut aérodynamique de Koutchino a 14 m. 50 de longueur sur 1 m. 20 de diam. On peut encore citer le tunnel plus modeste de Turnbull ; il reçoit le courant d'un ventilateur électrique

[1] Communication sur les phénomènes d'écoulement de fluides au Congrès de l'Assoc. techn. marit. Mai 1909.

dans un canal rectangulaire de 1 m. 80 de longueur sur 0,55 de large ; la première partie présente des brise-lames pour rendre les filets parallèles. La vitesse qu'il a obtenue, et qu'il a sans doute tâché d'avoir constante pendant toute la durée des expériences est de 4 m 4/^{s} environ.

Il est possible que, par une disposition et forme convenable de brise-lames, de chicanes, on arrive à uniformiser les vitesses du courant, et à rendre les filets parallèles à la sortie du canal. Je n'ai pas essayé de chicanes, mais l'emploi d'un canal de 1 m. de long soit cylindrique, soit à section carrée débutant par une trémie pyramidale ne m'a pas donné de bons résultats. Ceux-ci seraient peut-être meilleurs avec des chicanes appropriées, mais je crois qu'il faudra se borner à l'étude des surfaces relativement étroites, de manière que celles-ci aient leur grande longueur plus ou moins perpendiculaire au courant; les vitesses immédiatement en avant diffèrent alors très peu des vitesses en arrière.

Je n'emploie aucun tunnel; je me sers d'une hélice zooptère qui à l'air libre, sans chicanes d'aucune espèce, se comporte bien mieux que les ventilateurs à pales hélicoïdes. Avec un ventilateur zooptère de 0^{m}60 de diamètre, j'ai, à 1^{m} 50 de l'équateur, une zone de 20 centimètres de droite à gauche, de haut en bas, et 10 centimètres d'avant en arrière, où la vitesse varie peu. Mes premières expériences ont été faites avec ce ventilateur; j'ai mesuré toutes les composantes en allant de 0 à 360°. On n'a jamais étudié l'effet d'un vent qui attaque la face dorsale soit par devant, soit par derrière ; c'est cependant très intéressant pour la physiologie du vol. Je donnerai seulement les résultats généraux de cette première série d'expériences ; car j'ai depuis obtenu une rivière encore plus satisfaisante avec un autre ventilateur à pales plus étroites, plus inclinées sur l'arbre de rotation. A 1^{m}50 de l'équateur, cette zone a 50 centimètres de largeur ; en explorant cette zone au moyen d'une petite surface montée sur une Roberval sensible à 25 centi-

grammes, je trouve entre la plus faible pression et la plus grande le rapport 85 °/₀. L'anémomètre Richard était d'accord avec la balance en me donnant un rapport de vitesse de plus de 90 °/₀ ; la vitesse moyenne était de 4 m 5ˢ. J'ai l'espoir d'améliorer encore ce rapport de 90 °/₀, mais tel qu'il est, je n'hésite pas à donner les chiffres trouvés avec ce ventilateur.

II. Mesures de la résistance aérienne sur des aéroplanes de diverses formes.

Les surfaces expérimentées sont, les unes planes ou concaves, sans torsion, les autres animales. La diagnose géométrique des ailes doit porter sur le mode de torsion, sur la concavité, sur l'ondulation, sur l'épaisseur, et sur la superficie. Cette diagnose[1] est indépendante de la position que nous donnons à l'aile dans le courant d'air. La position de l'aile est déterminée : 1° par la position de l'axe proximo-distal ou plus exactement par les angles de cet axe avec l'horizon ou plan des *xy* (*latitude*) et avec le plan frontal des *yz* (*longitude*); 2° par l'inclinaison de l'aile sur l'horizon. Le contour périphérique de l'aile n'est pas plan, mais je considère l'aile comme à zéro d'inclinaison sur l'horizon, lorsque sa projection horizontale est maximum, ce qui correspond assez bien avec le zéro des cordes de profil basilaires. Cette mise à zéro est du reste convéntionnelle, et n'a aucune importance pour la mesure même de la résistance. Il suffit dans une épure d'indiquer les angles respectifs que font les cordes de profil avec l'horizon : c'est ainsi que j'ai opéré pour les élytres de coléoptères et pour mes pales d'hélice.

Les élytres étant rigides, et mes hélices étant faites au moule, l'épure est facile. Avec les ailes naturelles, desséchées en extension, il faut distinguer deux formes différentes, la

(1) Voir encore : *Etudes expérimentales sur les Zoortères*, Paris. 1909.

forme *ondulée* et la forme *cloche*. La première, la plus naturelle, s'obtient en suspendant l'aile par l'humérus, et en accrochant un poids au métacarpe. La surface est ondulée ; la vallée cubito-digitale est très nette sur la face dorsale ; l'articulation radio-carpienne fait une forte saillie en avant. La *torsion est positive*, c'est-à-dire que si la face inférieure regarde en bas à la base de l'aile, elle regarde en avant au distum. Je dis que cette torsion est naturelle, parce qu'elle se produit dans l'extension des pièces du squelette [1], et qu'on la trouve dans les ailes rigides ou semi-rigides. Mais à côté du gauchissement du squelette ou de la chitine, il y a le gauchissement par les muscles, capable soit d'augmenter la torsion positive, soit de donner une torsion négative. On peut donner celle-ci au métacarpe, au moyen d'un ressort, tout en produisant l'extension au moyen d'un poids ; on obtient ainsi

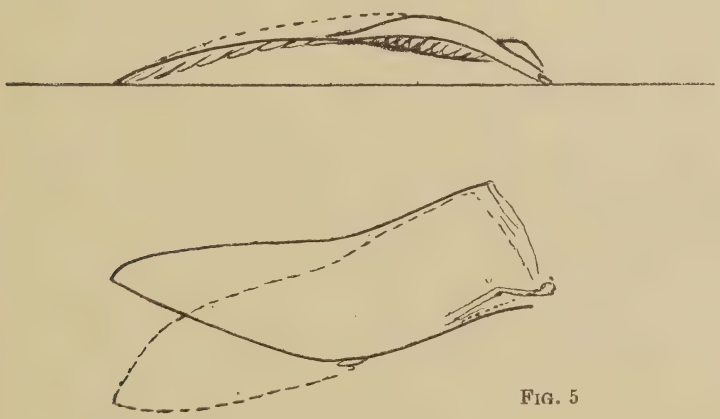


FIG. 5

la forme cloche. Elle est caractérisée par la torsion négative, une ligne d'attaque moins convexe, une concavité plus prononcée, et surtout générale du proximum au distum, avec absence d'ondulation, les rémiges sont plus écartées l'une de l'autre, et la projection horizontale est plus grande (Voir *fig.* 5, lignes ponctuées).

(1) Voir *Annales de Zoologie* 1885. Organes du vol, par AMANS.

Il va sans dire que l'oiseau donne à son aile des formes intermédiaires entre la forme ondulée proprement dite, et la forme cloche, avec de multiples variations de torsion et de concavité. Ces variations sont intimement liées à la physiologie du vol ; il m'a semblé qu'en étudiant la résistance dans ces deux formes extrêmes, je pouvais donner une idée de cette physiologie.

La diagnose de mes ailes est la suivante :

Pigeon. — Ondulée, — 10° de torsion positive, —0,09 de creux basilaire. Envergure, 26 centimètres. Projection maxima 212 cent. carrés.

Perdrix. — Forme spéciale ; ondulée mais torsion positive à l'extrémité seulement du distum ; le reste de la région distale regarde en arrière à —14°. Forte concavité de 18 °/₀ à la base. Surface 183 cent. carrés. Envergure 21 cent.

Macreuse. — Forme cloche ; torsion négative de —11°. Concavité de 20 °/₀ à la base. Surface 216 cent. carrés. Envergure 28 cent.

Mouette ondulée. — Le tiers interne regarde en bas (0°), le milieu en arrière, —8°, et le distum en avant +20°. Concavité basilaire 0,08. Surface 292 cent. carrés. Envergure 40 cent.

Mouette cloche. — Les cordes de profil font avec l'horizon 0° au proximum, + 10° au quart de l'envergure, 0° au milieu. —10 au distum. Concavité basilaire 19 °/₀. Surface 330 cent, carrés. Envergure 42 cent.

Carré plan en aluminium. Surface 100 cent. carrés

Rectangle plan en bois de 7 cent. sur 27, de 4^{mm} 5 d'épaisseur, en avant, 3^{mm} à la sortie. Surface 159 cent. carrés.

Rectangle concave.— Mêmes dimensions que le rectangle plan mais la section de profil est concave avec un creux de 5/70 ou 0,07. Je dois dire qu'après dessiccation, il s'est produit une légère torsion positive de + 3° environ.

Rectangle ondulé. — Mêmes dimensions, mais section de profil ondulée ; la face inférieure est concave en avant, convexe en arrière.

Biplan en aluminium. — Deux lames rectangulaires concaves (10 °/₀ de creux) ayant chacune 55^{mm} sur 25 cent., à une distance de 6 cent. l'une de l'autre. Surface totale 275 cent. carrés.

Toutes ces palettes étaient munies d'un petit manche cylindrique, fixé sur un moyeu muni d'une graduation en degrés. Pour les ailes naturelles, je coupe la tête humérale, et j'enfonce l'humérus dans une tige en bois, polyarticulée, de manière à donner à l'aile toute position qu'il me plaît par rapport à l'axe du trou de fixation. Je puis donner ainsi au grand axe longitudinal des longitudes et des latitudes variables. Au début cependant, je me suis peu éloigné de zéro pour ces deux angles, c'est-à-dire que le grand axe est presque perpendiculaire au courant et horizontal. Un point de repère est marqué sur le milieu du bord antérieur de toutes ces pales, et ce point est placé sur l'axe du courant, l'aile étant inclinée à zéro sur l'horizon. La position de l'aile dans l'espace pour un même angle de déclinaison est rigoureusement la même dans toutes les expériences, pour toutes les balances. La méthode analytique ne souffre pas les moindres variations de vitesse et de position, si on veut éviter des erreurs dans la synthèse.

J'appellerai q la *montée*, r le *recul* ou la *traînée*, t la poussée transversale, latérale ou *bordée*.

J'appelle *Ai*, inclinaison de l'aile de 0 à 90° ; *As*, de 0 à —90°; *Pi*, de 90° à 180° ; *Ps* de 180° à 270°.

Voici les résultats généraux obtenus avec le premier ventilateur. Les conditions ne sont pas assez rigoureuses pour publier les détails, mais le sens général des phénomènes est exact.

1° La montée est bien plus grande sur la face concave (*Ai* ou *Pi*) que sur la face convexe (*As* ou *Ps*) surtout dans les ailes de Perdrix, qui est un fort rameur;

2° Le rectangle concave a son q maximum avec Pi, c'est-à-dire vent arrière sur la face inférieure. Avec les ailes d'oiseau, c'est l'inverse; c'est toujours Ai, c'est-à-dire vent debout sur la face inférieure qui donne la montée maximum.

3° Le vent arrière $I's$, sur la face convexe donne de plus grands q que le vent debout As; mais, fait remarquable, q varie très peu malgré de grandes variations d'angles.

Le rapport des montées maxima $\frac{q\ max.\ de\ Ps}{q\ max.\ de\ As}$ atteint la valeur 2/1 chez Perdrix, 1/3 chez Mouette-cloche, 1,2 dans la forme ondulée, 1 seulement dans le rectangle concave en bois.

Le vent debout sur la face dorsale de la Mouette ondulée donne un q à peu près invariable de 40° à 70°. C'est du reste As qui donne toujours cette constance. Il y aurait donc plus d'équilibre et d'économie de forces à diriger l'aile dans cette position, d'arrière en avant, et à prendre la forme cloche pour remonter d'avant en arrière. Je me garderai cependant d'assimiler l'écoulement du fluide sur une même surface en planement, ou en battement;

4° Le rapport de la traînée à la montée ou $\frac{r}{q}$ est plus faible avec une surface concave qu'avec une plane, avec la forme ondulée qu'avec la cloche.

Ceci posé, voici des chiffres obtenus avec un meilleur ventilateur. Ce sont les composantes de la résistance aérienne avec vent debout sur la face inférieure de l'aile :

I. — CARRÉ ET RECTANGLES

	CARRÉ PLAN 100 cm²		RECTANGLE PLAN 159 cm²		RECTANGLE CONCAVE 159 cm²		RECTANGLE à profil ONDULÉ		BIPLAN CONCAVE 275 cm²	
α	*q*	*r*	*q*	*r*	*q*	*r*	*q*	*r*	*q*	*r*
— 10°	»	»	»	»	-3,5	»	»	»	»	»
— 5°	»	»	»	»	0	»	»	5	»	»
0°	»	»	»	»	6,5	1,5	-4	4	7	4
10°	2,5	0,75	6,5	1,5	12,5	2,5	6,5	3,5	17	8
20°	7	2,5	11,5	3,5	18	6	14	5	25,5	11
30°	9	45	16	7,5	19,5	10	24	7	26	16,5
40°	10	8	16,5	11	16,5	14	24,5	9,5	15,5	23
50°	8,5	9	14	74	»	»	»	»	»	»
70°	»	»	7.5	19	»	»	»	24	»	»
90°	0	14	0	23	0	24	0,5	»	»	22

II. — AILES D'OISEAUX

	PIGEON 212 cm²						PERDRIX 183 cm²			MACREUSE 216 cm²		
			t						*t*			*t*
α	*q*	*r*	*As*	*Ai*	*Pi*	*Ps*	*q*	*r*	*As*	*q*	*r*	*Ai*
—10°	0	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
0°	8	1	—1,5	+0,5	+0,75	—0,5	5	1,5	< 0,5	—2	4	»
10°	15	2,5	—2	»	1	< —1	13	2	—0,5	+7	4,5	3,5
20°	21	6	—3	»	1	—1	16,5	3,5	—0,5	12	7	»
30°	20.5	9,5	—3	»	1	—2	22,5	7	—1	20	9	4,5
40°	20	17	—3	0,5	1	—3	20	10,5	—1,5	25	15	5
50°	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26	19	5,5
70°	»	»	—4,5	+1	0	»	»	»	»	»	»	»
90°	»	28	—5	»	0	»	»	28	—0,5	»	33	3,5
90° As	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	23	»

III. — MOUETTE

	AILE ONDULÉE						AILE CLOCHE		CORPS SANS AILES	
			t							
α	q	r	Ai	As	Ps	Pi	q	r	q	r
− 17°	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»
− 12°	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
− 5°	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»
0°	20	1	−0,5	< 0,5	0	»	−5	7	−0,5	»
10°	35	3	−1,5	»	»	2	6	5	2	1
20°	41	9	−3,5	< 0,5	< 0,5	3	24	7,5	4	2
30°	43	16	−3,5	»	»	»	36	8	4,5	2,5
40°	38	24	−3	−1,5	2	4	45	21	7	4
50°	»	»	»	»	»	»	49	28	6,5	5
70°	18	37	−2,5	−2	»	»	32	40	»	»
80°	»	44	−2,5	»	2,5	2,5	»	»	»	»
90°	3	46	−2,5	−2,5	»	»	8	50	1	9,5
90° As	»	33	»	»	»	»	»	37	»	20

L'examen de ces tableaux conduit aux remarques suivantes :

1° Le maximum de montée a lieu au voisinage de 40° pour le plan, de 50° pour la Macreuse et la Mouette-cloche, de 30° pour la Perdrix, la Mouette-ondulée et les rectangles concaves, de 20° pour le Pigeon. La montée s'étend de −17° à 95° environ avec la Mouette (ondulée).

2° Le rapport $\frac{r}{q}$ est intéressant à étudier au voisinage de 10° d'inclinaison, un angle pratique en aviation. On voit la supériorité du rectangle concave sur le plan, et celle des zooptères sur le rectangle concave. Le biplan ne figure pas à son avantage, mais il faut ici tenir compte des frottements sur les parois verticales qui entretoisent les deux

surfaces ; ces frottements sont relativement considérables aux faibles inclinaisons, par rapport à la traînée totale. Pour les zooptères, il faut distinguer entre la forme ondulée et la forme cloche. La forme ondulée est la plus avantageuse pour la translation ; la Mouette entre 0° et 10° nous donne des rapports variant de 1/12 à 1/20 ; si on construisait des aéroplanes de cette forme, on aurait des appareils moins encombrants et moins coûteux. La forme cloche conviendrait plutôt à la descente en parachute ; aux grands angles, elle soutient mieux l'animal que la forme ondulée, mais aux petits angles elle a plus de traînée. Comme l'animal passe à son gré d'une forme à l'autre, il change le rapport $\frac{r}{q}$ comme il lui plaît, soit par caprice, soit pour rétablir l'équilibre transversal, soit pour changer la pente de sa trajectoire.

Les mathématiciens, supposant que q est une $f(\alpha)$ et r une $f(\alpha^2)$ en ont déduit plus ou moins correctement une allure dite 1 donnant le minimum de r et une allure $\sqrt{3}$ donnant le minimum de puissance ; ils ont même imposé ces allures aux oiseaux, ce qui est fort audacieux quand on ignore les valeurs de r et de q pour des surfaces zooptères.

De 0° à 10° si la résultante était normale au plan et qu'on suppose $\cos \alpha = 1$ et $\alpha = \sin \alpha$, on aurait $q = f(\alpha)$ et $r = q \operatorname{tg} \alpha$ ou encore $r = f(\alpha^2)$, et en prenant les dérivées par rapport à α, on aurait les théorèmes classiques de Penaud, de Renard, ou les allures de Soreau [1]. Mais la résultante n'étant pas normale au plan, ces théorèmes ne sont pas exacts ; du reste, quelle est l'expression algébrique de r et q pour une surface ondulée ou cloche ? Que signifie α pour de telles surfaces, alors que α change à toutes les sections de profil, pour une même posi-

[1] Dans le *Bulletin mensuel* de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, n° 1, 1909, j'ai critiqué la démonstration de ces théorèmes, telle qu'elle est exposée dans certains ouvrages d'aéronautique. Ces théorèmes n'ont, du reste, aucune valeur pratique, même avec une démonstration correcte.

tion de l'aile ? La distinction en allure 1 et allure $\sqrt{3}$ ne me paraît pas applicable aux oiseaux ; il faut emprunter à ceux-ci les formes donnant le minimum de $\frac{r}{q}$ à une inclinaison pratique, où le centre de poussée varie peu ; au voisinage immédiat de cette inclinaison, on aura le minimum de puissance, sinon théorique du moins pratique.

La fig. 6 donne les courbes comparées de r et q, pour la forme ondulée et la forme cloche chez la Mouette, les courbes ponctuées se rapportent au rectangle plan. D'autres expérimentateurs peuvent reprendre cette étude ; ils trouveront peut-être des chiffres différents, car la traction du métacarpe,

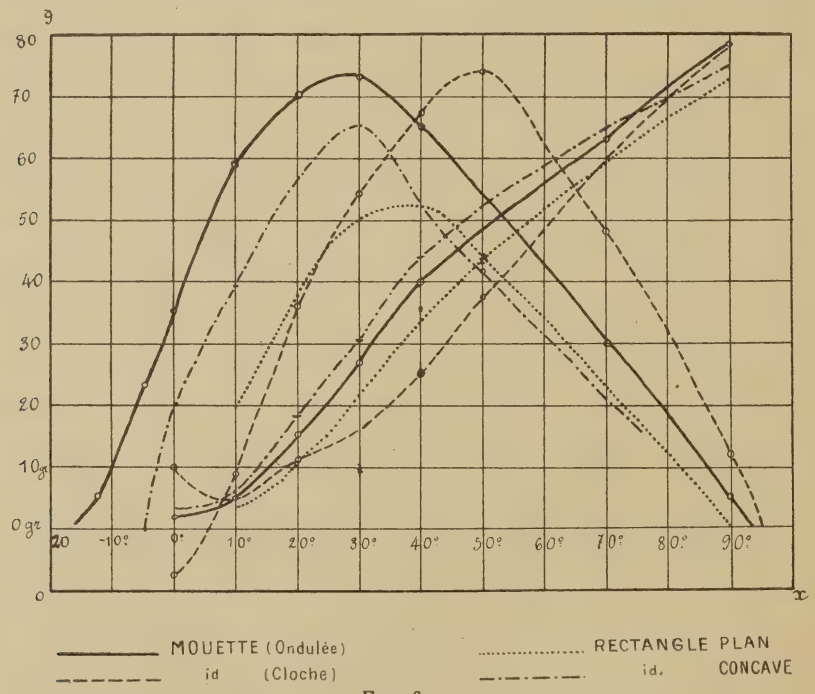


FIG. 6

sa rotation, et la dessiccation peuvent produire des formes légèrement différentes des miennes, mais les formes extrêmes montreront la distinction que j'ai établie c'est-à-dire *forme de translation* (ondulée) et *forme de suspension* (cloche).

3° La valeur du coefficient de sustentation à 10° est beaucoup plus élevée dans le rectangle concave que dans le plan : 0,039 au lieu de 0,024. La Mouette ondulée donne 0,059 à 10° et 0,078 à 0,080 à 90°.

La forme cloche donne des coefficients moins élevés, tout en produisant une montée plus grande que la forme ondulée, ce qu'il y a de remarquable, c'est que la montée à 50° est aussi forte que la traînée totale à 90°. Comme ce dernier cas est celui de l'attaque orthogonale, où figure le fameux K dans la formule $R = K\,S\,V^2$, nous pouvons écrire: Q à $50° = K\,S\,V^2$.

La valeur de K se déduit du reste de mon tableau, en donnant à S les valeurs que j'ai consignées, et à V la vitesse moyenne de mon courant 4 m. 50. Il est curieux que ce K ne soit guère plus élevé pour la Mouette que pour le plan carré : 0,078 seulement, tandis que le rectangle plan donne 0,072. Je m'attendais à un coefficient beaucoup plus élevé pour les zooptères, mais je n'ai pas été étonné des coefficients pour le plan ; ils se rapprochent très sensiblement des chiffres trouvés par M. Eiffel. Il faut aussi remarquer : 1° qu'à 90°, nous n'avons pas de composante de montée pour le plan, tandis qu'il y en a une pour les ailes d'oiseau ; 2° la forme et l'élasticité de celles-ci permettent de construire plus léger à surface égale.

Les deux ailes de Mouette appartenaient à un même animal du poids de 200 grammes. A l'aide de ce poids et des mesures de la résistance, on pourrait résoudre le problème suivant : Une Mouette de 200 grammes barbote dans l'étang ; le vent est assez fort ; tout à coup, elle étend les ailes, face au vent ; sans effort apparent, elle monte, recule, et vient retomber à 30 ou 50 mètres en arrière ; elle recommence à barboter, remonte et redescend, parcourant ainsi une longue trajectoire presque sans battements. Quelle est la vitesse du vent capable de la soulever ? Avec la forme cloche et une inclinaison des ailes de 40° à 50°, et avec, en outre, une inclinaison de l'ovoïde central de 30°, la force de montée est de 100 gr. environ pour une vitesse de 4 mètres 50/".

Si nous admettons que les forces sont proportionnelles aux carrés des vitesses, la Mouette sera soulevée avec un vent supérieur à 6 mètres. Arrivée à une certaine hauteur, il lui suffira de diminuer l'inclinaison, pour rendre la montée inférieure à son poids, et retomber sur l'étang. La forme ondulée convient davantage pour piquer sur le vent; avec un vent ascendant supérieur à 5°5 et à $7^{m}24\ /^{s}$, la Mouette peut s'avancer contre le vent, sans remuer les ailes. Pour être soulevée par un vent ascendant de 3°, il faudrait que ce vent dépasse 9 mètres, et que l'aile soit inclinée à zéro. C'est le proximum qui est à zéro, mais le distum est à 20°.

L'équilibre d'un plan au voisinage de zéro est instable; serait-il plus facile avec une surface ondulée ? nous le verrons par l'étude des centres de poussée.

J'ai supposé que les forces sont proportionnelles aux carrés des vitesses ; il est probable que la loi est plus complexe pour les ailes d'oiseau, à cause de leur élasticité. J'ai tenu compte de la résistance sur le corps de la Mouette ; celui-ci avait été empaillé, et raidi dans son maximum d'extension, la queue à demi étalée. La position du cou est très variable dans le vol naturel; lorsque la Mouette vole avec vent debout, elle tient très souvent le cou raccourci, la tête entre les épaules ;

4° A 90°, la résistance dorsale est le double de la résistance ventrale [1] pour le corps de la Mouette. Si on compare les résistances sur l'aile, on voit que pour la Mouette-cloche, la résistance dorsale est les 3/4 de la résistance ventrale, les 2/3 seulement chez la Perdrix. La résistance ventrale des deux ailes étendues en forme intermédiaire entre ondulée et cloche est dix fois la résistance ventrale de l'ovoïde ; j'en

[1] Mouillard, dans ses mesures de superficie comprend la projection horizontale de l'animal tout entier (corps et ailes). Les mathématiciens qui se servent des chiffres de Mouillard feront bien de ne pas appliquer aux ailes le même coefficient de résistance qu'à l'ovoïde central.

conclus mathématiquement que la résistance orthogonale sur l'animal entier, toutes voiles dehors, est presque la même par vent arrière (19/20) que par vent debout. Faut-il voir là un caractère des oiseaux de tempête, aptes à bénéficier des rafales, de quelque côté qu'elles soufflent, ou bien un phénomène général commun à tous les volateurs ?

5° Le rectangle dit ondulé est caractérisé par des sections de profil dans le genre de *ambc*, (fig. 7.). Cette ondulation n'a rien de commun avec l'ondulation générale de la surface, caractérisée sur la face dorsale par le mont cubital, le mont digital, et la vallée intermédiaire. Le rectangle ondulé est une conception de Turnbull, destinée à donner un équilibre automatique ; « si Lilienthal et les frères Wright s'en étaient servis, on n'aurait pas eu la fin tragique du premier, et de Selfridge ». L'aviateur Curtiss s'est servi un moment de ce principe, mais finalement il s'est contenté de faire flexible la région postérieure de ses ailes, estimant que, si la section de profil ondulée était bonne, elle se produirait elle-même en plein vol, grâce à l'élasticité. Remarquons, en passant, comme peu à peu l'expérimentation conduit à la géométrie animale les hommes les plus étrangers à l'histoire naturelle.

Je suis partisan moi-même de l'ondulation, et j'en ai fait des applications industrielles (outils de tour, enfilage des perles), mais pour l'aile, Turnbull ne voit qu'une part de vérité. La fig. 7 montre l'aspect réel des sections de profil à différentes distances de l'épaule : *A* est la section de profil au niveau de l'articulation huméro-cubitale ; *B*, au niveau du métacarpe ; *C* et *D* aux 3/5 et 5/6 de l'axe proximo-distal, dans dans la région distale.

Le versant antérieur de l'aile est dans la région de *A*, tourné vers l'arrière, c'est la région du creux axillaire, celle de mon dièdre basilaire a *mp* ; en *B*, il est horizontal, et en (*C*) (*D*), le bord antérieur est tourné vers l'avant. Il présente donc une torsion positive pendant que la concavité de la face

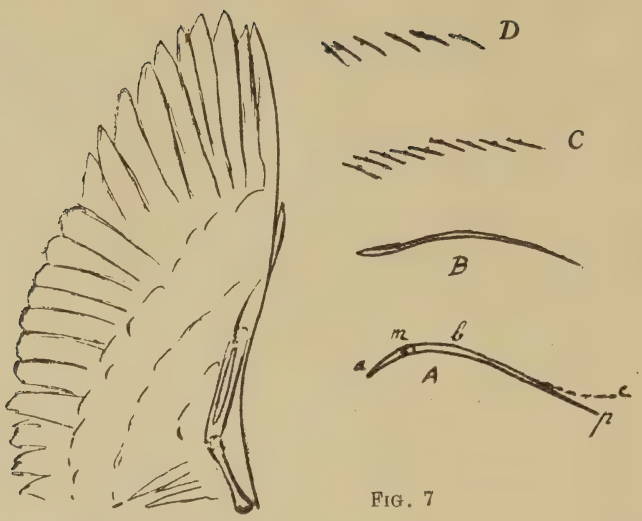


FIG. 7

inférieure va en diminuant du proximum au distum ; bien plus dans la forme ondulée, la face inférieure, de concave au proximum, devient convexe au distum. Il y a dans chaque théorie une part de vérité qui en impose longtemps pour la vérité totale. La théorie du plan de Borelli était basée sur cette idée juste qu'une surface s'avance d'autant plus facilement dans un fluide que son maître-couple est plus petit ; tous les calculs des mathématiciens, depuis Euler, Bernouilli, sont basés sur la notion du plan mince. L'engouement actuel pour la forme *écheneau* est qu'une surface concave donne aux petits angles une plus grande montée qu'une plane, et c'est vrai, mais il y a mieux que l'écheneau.

La théorie de Turnbull est basée sur cette idée exacte que l'aile, considérée en section de profil, est formée d'une partie antérieure rigide, une moyenne moins rigide, et une postérieure flexible. Dans le coup d'abaissement, la résistance aérienne ferait fléchir en haut cette partie postérieure de manière à avoir la forme (*ambc*, *fig.* 7). Cette déformation est possible avec une pale en forme d'écheneau, mais avec une aile véritable, la rigidité va en diminuant non seulement

d'avant en arrière, mais du proximum au distum, si bien que la zone d'inflexion part du bord postérieur au proximum, et se rapproche peu à peu du bord antérieur au distum. La projection frontale montre la courbe ondulée [1], que Turnbull réserve aux seules sections de profil. Si cette ondulation est précieuse pour l'équilibre automatique, il n'est pas rationnel de la limiter à l'équilibre longitudinal; il faut songer à l'équilibre transversal : la Nature y a songé.

Mes recherches antérieures sur les lignes à double courbure ont porté non sur l'équilibre automatique, mais sur la question de moindre résistance. Je crois d'avance qu'un écheneau genre Turnbull éprouvera une moindre résistance à l'avancement, qu'une surface de même concavité [2]; dans l'unique expérience que j'ai faite à ce sujet, je remarque que cette résistance varie peu pour des écarts d'inclinaison assez grands, et c'est là certainement une présomption de stabilité ; mais je constate aussi une faible sustentation. En somme, cette surface ne vaut pas les zooptères, si on prend comme criterium le rapport $\frac{r}{q}$

6° L'étude des *bordées* montre des chiffres insignifiants, lorsque l'axe proximo-distal est parallèle à l'horizon. J'ai marqué du signe — la bordée centripète, c'est-à-dire dirigée de dehors en dedans. Chez le Pigeon, la bordée est centrifuge lorsque le vent frappe la face inférieure soit par devant, soit par l'arrière (*Ai* ou *Pi*), sans dépasser 1 gramme, et ce maximum a lieu à 20° pour *Pi*, à 70° pour *Ai*; lorsque le vent frappe la surface supérieure, la bordée est centripète, et atteint à *As* 90° le chiffre relativement élevé de 5 grammes. Lorsque le Pigeon tient ses deux ailes bien symétriques par

[1] A trois ou quatre branches (certaines élytres de coléoptères, et parfois dans les ailes élastiques, dans le vol des ignobles (Aigles, Buses etc.); cette quatrième branche, ou branche distale, se ferme plus facilement chez les voiliers que chez les rameurs, leurs rémiges étant plus flexibles.

[2] Comparer les résistances à 30°.

rapport au plan de symétrie bilatérale, il y a équilibre par rapport à ce plan, sinon l'oiseau est poussé d'un côté plus que de l'autre : il *tire une bordée*. Dans la Mouette (ondulée), la bordée est centrifuge par vent arrière, qu'il frappe sur la face supérieure ou la face inférieure, et centripète par vent debout, et dans ce cas le maximum a lieu sur la face inférieure ; à 20° et 30°, on a : $t = 3$ gr.5. A l'angle d'aviation 10°, la bordée est la moitié de la traînée, le 4 °/₀ seulement de la montée.

Il serait facile avec mon tableau de donner la résistance totale ; il faudrait composer les trois forces élémentaires : montée, traînée, bordée. Ainsi pour la Macreuse à 20 °

$$R = \sqrt{r^2 + q^2 + t^2} = 22 \text{ gr.5}$$

Les changements d'équilibre par variations de bordées constituent de la *haute volerie*; je réserve cette question pour des études ultérieures.

7° Si l'on compare les résultats obtenus par d'autres expérimentateurs (Langley, Lilienthal, Paul Lacour[1], Tsioulkovski[2], Turnbull, Rateau, etc.), on trouve des différences considérables.

Dans le tableau qui suit, *a* et *b* expriment des grammes.

	LANGLEY carré de 30 cm		LACOUR carré		RATEAU rectangle 30 × 50 cm		TSIOULKOVSKI		AMANS rectangle 7 sur 27	
α	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
10°	28,8	3,9	17,42	4,48	31	6	19,5	5,5	20	4, 4
20°	45,6	16,4	38	15,8	50	18	40 5	16	38	11
30°	54,7	31,5	54	33,5	44 (?)	24	55	30	50	22
40°	55.2	46	56	49,2	44 (?)	36	»	»	52	34
45°	52,7	52,7	53	53	42	40	»	»	»	»
90°	»	81	»	»	»	65	»	»	»	72

[1] Die Versuchsmühle, au moulin d'Ascoë, en Danemarck

[2] Vozdouxoplavatel (*Aéronaute russe*, n° 8, 1908.).

D'une manière générale, mes traînées sont relativement les plus faibles[1]. Le maximum de montée a pour coefficient 56 gr. par m², à la vitesse de 1m/s chez Lacour, 55 gr. 2 chez Langley, 50 chez Rateau, tandis que j'ai 52 gr. pour le rectangle de 7/27 et 50 pour le carré. Il est cependant très curieux que M. Rateau trouve son maximum à 20°, tandis qu'avec les autres observateurs, je le trouve au voisinage de 40°.

Je n'ai pas mis les chiffres de Lilienthal parce qu'il les a obtenus dans la libre atmosphère, méthode sujette à erreurs ; j'ai le premier fait mention des mesures de Lilienthal en France, et j'en ai dégagé le fait qui m'a paru le plus important, c'est-à-dire qu'à certains angles avec la calotte concave, la résultante des pressions aériennes n'est pas normale au plan sustenseur, mais plus rapprochée de la verticale, ou en d'autres termes, qu'on a un $\frac{r}{q}$ plus petit. Lilienthal n'est pas le premier à avoir pressenti ce fait, mais peut-être le premier à le mettre en chiffres ; ceux-ci sont répréhensibles, mais le fait reste.

Toutes les mesures, sauf celles de Langley, montrent qu'aux petits angles la résultante n'est pas normale au plan, et cette observation générale réduit à néant tous les calculs basés sur cette hypothèse.

La divergence des résultats provient de la difficulté même du problème, des conditions différentes dans lesquelles opèrent les divers expérimentateurs. On ne saurait faire une critique judicieuse sans connaître toutes les conditions et toutes ces conditions ne figurent pas dans les mémoires. Je recommencerai mes expériences avec des balances encore plus sensibles, surtout pour les angles de 0° à 10° ; celles dont je me

[1] La section de profil a le gros bout avant. M. Rateau a lui aussi observé des traînées relativement plus faibles aux petits angles avec une plaque de section fusiforme.

suis servi étaient sensibles à un demi-gramme, et j'opérais constamment dans la même position, avec la même vitesse; à trois mois d'intervalle je retrouvais les mêmes chiffres à un demi-gramme près.

Un exemple pour montrer la délicatesse des expériences. Les ailes sont tenues par une tige cylindrique dont deux centimètres de longueur seulement sont exposés au vent; l'aile est plongée dans la rivière, sans rien au-dessus, au-dessous et du côté de la pointe; du côté de la tige il y a la balance masquée par une planche. Cette planche empêche la balance d'être influencée par le courant; mais il ne faut pas que la planche soit trop près de la cylindrée d'air qui va à l'aile, et surtout que cette planche fasse un angle avec le courant. Il ne faut pas non plus que dans la salle d'opération une porte, même éloignée, se trouve tout à coup ouverte; immédiatement, il y a une déviation de la cylindrée, et des différences de 5 à 10 $^{0}/_{0}$ dans les mesures.

On a justement reproché à Lacour d'avoir une tige trop longue pour supporter le carré plan; cette tige étant plongée dans le courant modifie considérablement la traînée; de là aux faibles déclinaisons les angles si élevés que fait la résultante avec la normale au plan. On ne saurait me faire le même reproche, ma traînée de tige étant de quelques centigrammes seulement (10 centigrammes), et cependant à 10° la résultante fait un angle de 3 à 4° avec la normale. Cette divergence est bien plus accusée avec l'aile en cloche; chez la Mouette, par exemple, nous avons 52°5 à zéro, 35,5 à 10°, 0° à 20, et à partir de 20° la résultante passe de l'autre côté de la normale au plan sustenseur, plan qui passe par une corde basilaire et la pointe de l'aile.

Sur les centres de poussée

Je serai assez bref sur cette question encore à l'étude dans mon laboratoire. Je signalerai cependant quelques faits généraux, la détermination du plan *Y* est facile. Avec les rectangles plans ou concaves, placés comme toujours le grand côté perpendiculaire au courant, le plan passe par le centre de figure, pas tout à fait cependant, à quelques millimètres près, ma rivière aérienne étant un peu plus rapide au proximum qu'au distum : ceci est une erreur inhérente à ma rivière, qui n'est pas absolument isotaque.

Chez le Pigeon, le centre de poussée est, au-dessous de 10°, plus rapproché du distum que du proximum (à 60 % de l'envergure comptée à partir du manche); il se rapproche de 50 % au-dessus de 10°. Avec la Perdrix, Mouette-ondulée, Macreuse, l'*Y* du centre de poussée s'éloigne peu à peu de la base, quand l'inclinaison augmente ; c'est le contraire avec la forme cloche.

La détermination du plan *X* est plus délicate ; mes pales sont en somme très étroites et une faible erreur dans la pesée entraîne un déplacement assez grand dans la position du centre de poussée [1] ; la pesée offre parfois des incertitudes, dues aux variations d'inclinaisons dans le balancement : ceci est un défaut inhérent aux balances à fléaux simples.

Chez le Pigeon, j'observe de faibles déplacements du centre de poussée pour des variations angulaires considérables. Cette constance, signalée pour la première fois, est remarquable, et milite en faveur des formes zooptères pour les surfaces d'aéroplane.

Chez la Mouette, le centre de poussée est plus rapproché du distum dans la forme cloche que dans la forme ondulée. Le gauchissement aurait donc pour effet de reporter le centre

[1] J'ai depuis construit une nouvelle balance qui élimine cette cause d'erreur.

de poussée plus près de la base. Contre un coup de vent debout sur l'aile droite, tendant à la faire reculer, il faut une torsion positive, une ondulation; cette manœuvre diminue à la fois r et son bras de levier si toutefois l'aile était primitivement voisine de la forme cloche; il est vrai que q augmente, mais son ardeur sera vite matée par un coup de cloche de l'aile gauche vers 30 à 40°, ce qui augmente à la fois la montée et son bras de levier. Ces alternatives de torsion et de cloche sont possibles, et permettent d'expliquer les conditions d'équilibre dans les virages, et les chocs unilatéraux.

Les recherches sur la position des centres de poussée sont encore peu nombreuses, et surtout peu concluantes. On connaît mal la position de ce point sur les surfaces courbes; on ne connaît à peu près rien sur les zooptères, et même pour les surfaces planes, les formules données par certains mathématiciens sont contredites par les graphiques expérimentaux; il est vrai que ceux-ci varient suivant les auteurs. Ainsi, Turnbull, pour un plan carré, fait partir le centre de poussée du centre de figure pour 0° d'inclinaison; à 25° il se trouve en avant, à une distance du centre de figure égale à 17 ou 18 % de la largeur totale; puis il revient lentement vers le centre de figure de 25° à 90°; tandis qu'à 0° d'inclinaison, M. Rateau place le centre de poussée tout près du bord antérieur; il le recule ensuite vers le centre de figure, peu à peu d'abord lentement, jusqu'à 26° puis très rapidement jusqu'à 90°.

Cette retraite graduelle vers le centre de figure de 0° à 90°, Turnbull la réserve aux surfaces convexes, ou à section de profil ondulé (genre *ambc*, fig. 7). Il en fait la caractéristique de la stabilité automatique. Nous attendrons pour discuter cette opinion d'avoir des résultats plus certains; mais, ainsi que je l'ai dit plus haut, il est irrationnel d'emprunter un seul facteur à la géométrie animale; la meilleure surface au point de vue de la stabilité est celle qui offre le moins de déplacements du centre de poussée, et de variations de résistance en

fonction d'une variation angulaire assez étendue. Il y a, bien entendu, des limites dans les écarts angulaires : le problème de l'aéroplane n'est pas celui du parachute ; un appareil d'une stabilité absolue, sans manœuvres du pilote, n'est plus un aéroplane, mais une bouée. Les surfaces ondulées animales réunissent les meilleures conditions d'aéroplane rapide, stable et économique.

Dans une prochaine communication, je tâcherai de combler les nombreuses lacunes qui se trouvent dans ce mémoire, et j'y ajouterai les courbes des ailes ignobles ou voilières.

Origine et activité thérapeutique des Eaux minérales [1]

par M. A. Astruc

Mesdames,
Messieurs,

Depuis que l'illustre Bernard Palissy, rompant avec les opinions des physiciens de son temps, écrivait, en un langage fort imagé, que les sources de la Terre ne sont point « allaitées par les tétines de l'Océan », l'idée d'infiltration des eaux atmosphériques à travers les assises perméables de notre sol s'est accréditée peu à peu dans le monde des hydrologues et des géologues : l'origine marine des sources a fait place à la théorie rationnelle des nappes souterraines plus ou moins étendues, formées par les eaux pluviales et s'épanchant au dehors au contact des couches imperméables.

Or, parmi ces eaux qui jaillissent de toutes parts, il en est qui se signalent par leurs caractères organoleptiques, physico-chimiques et biologiques; intéressantes pour tout esprit curieux des choses de la nature qui cherche à leur appliquer des notions de géologie générale et à résoudre les problèmes qu'elles soulèvent, elles ne le sont pas moins pour l'hygiéniste et le thérapeute qui trouvent dans leur emploi des ressources infinies pour prévenir et combattre de multiples affections. *Eaux minérales*, a-t-on appelé ces liquides spéciaux, dont l'origine et la composition ont dérouté maintes fois le savant, l'ingé-

(1) Communication faite à la séance publique annuelle tenue par l'Académie le 18 mai 1911, dans la salle des Fêtes du Palais Universitaire.

nieur et l'analyste ; *eaux médicinales* les ont dénommés après Chevreul, les médecins et les chimistes impuissants, le plus souvent, à déduire leur action physiologique de leur constitution élémentaire.

Placé, de par mes fonctions universitaires, en marge des scientifiques et des médecins, vous m'excuserez d'empiéter sur le domaine de ceux-là et de ceux-ci ; vous permettrez à un « pharmacien » de vous exposer quelques-unes des idées émises sur l'*origine des eaux minérales et sur leur activité thérapeutique*. Et bien qu'à l'heure actuelle votre esprit et vos yeux s'habituent à contempler dans l'azur du ciel la plus belle conquête contemporaine de l'homme sur les éléments, vous ne m'en voudrez pas de vous ramener durant quelques instants sur notre sol et même de pousser l'audace jusqu'à vous faire pénétrer à des profondeurs inouies, jusque dans ces laboratoires mystérieux où se forment, par des réactions extraordinairement complexes, les Nymphes bienfaisantes et inépuisables qui vous rendent, à chaque saison dans nos stations hydrominérales, la santé et la vie.

I

Quelle est l'origine des eaux minérales? Comment sont-elles minéralisées ?

Pour si obscur que paraisse au premier abord ce problème, il a été généralement résolu jusqu'à ces dernières années en admettant que la genèse de la plupart des eaux minérales réside, comme celle des eaux douces, dans un simple phénomène de dissolution. Déversées sur la terre sous la forme de pluie ou de neige, les eaux météoriques circulent à travers les terrains fissurés et reviennent à la surface après s'être chargées, durant leur trajet, d'éléments minéraux dont la nature et la proportion dépendent des régions traversées et des caractères de solubilité des roches lixiviées : tout au plus inter-

vient-il, dans cette minéralisation, quelques réactions de décomposition entre les substances préalablement dissoutes par l'eau et les assises encaissantes pour aboutir finalement aux diverses catégories ci-après : eaux bicarbonatées sodiques ou calciques (genre Vichy et Saint-Galmier), eaux sulfurées sodiques ou calciques (comme Luchon et Allevard), eaux sulfatées calciques et magnésiennes ou chlorurées sodiques (telles Aulus et Salies-de-Béarn), eaux ferrugineuses (comme Orezza).

Dès lors, cette communauté d'origine, ces mêmes processus de minéralisation pour les eaux douces et les eaux minérales ne permettraient guère d'établir une démarcation facile entre les deux groupes, s'il n'existait, fort heureusement, pour caractériser certaines sources, une propriété nouvelle, quelque peu troublante : la thermalité. Ici, en effet, nul doute n'est permis : une température constante, au-dessus de la moyenne du lieu de sortie, constitue, pour une source, une spécificité *minérale* indiscutable ; l'origine des eaux thermales est celle que nous devons donc envisager plus particulièrement.

Par quel mécanisme certaines eaux minérales arrivent-elles à leur point d'émergence avec des températures de 40, 60, 80 et même 95° ? Comment ces eaux sont-elles formées ? Quel est leur siège d'élection ? Autant de points d'interrogation que l'on peut envisager dans leur ensemble et que la collaboration de diverses compétences scientifiques va nous permettre de préciser.

⁂

Assez nombreuses sont les théories qui ont eu cours pour expliquer la température des eaux thermales.

La première en date est fort ingénieuse, quoique très ancienne : elle fait dériver la thermalité de réactions chimiques provoquées par les eaux d'origine superficielle traversant certaines couches terrestres de composition particulière ; l'architecte romain Vitruve l'avait adoptée ; Rochas d'Aiglun,

géologue et médecin de Louis XIII, dans un voyage, aux Alpes, frappé de voir s'écouler sur le mont Viso, chargé de neige et de glace, une source chaude, fait creuser une galerie qui lui révèle l'existence d'une couche pyriteuse au delà de laquelle il croit remarquer que l'eau est froide : « Cette fontaine, dit-il, à la rencontre de la mine (pyrite), devient chaude et bourbeuse et change de goût et de qualité ».

A cette curieuse théorie que des savants comme Becker, Klaproth ont aussi soutenue, peut se rattacher celle non moins curieuse de Bianconi. Ce physicien a essayé de prouver que la chaleur des eaux thermales résultait du frottement et de la pression qu'elles subissent pour arriver à la surface. « La première cause de la thermalisation des eaux minérales, dit-il, serait leur passage à travers des fentes très étroites de rocs siliceux, quartzeux ou granitiques ; la seconde, c'est leur vélocité excessive dans ce passage étroit, par l'action expansive des gaz qu'elles renferment ; ce qui les fait fortement frotter contre les parois de leurs conduits et les échauffe. »

D'après une troisième hypothèse, les eaux thermales tiendraient leur chaleur, comme d'ailleurs leurs principes minéraux, de leur voisinage avec les volcans ; les eaux d'infiltration prendraient contact avec les roches ignées restées encore chaudes dans les profondeurs du sol depuis le temps où elles ont été émises sous forme d'immenses coulées basaltiques ou trachytiques. Soutenue par Berzélius il y aura bientôt cent ans, dans son mémoire sur les eaux de Carlsbad et à la suite d'observations successives faites en Auvergne, en Vivarais et en Bohême, cette conception fut acceptée également par Bunsen dans ses recherches sur les eaux chaudes d'Islande : l'eau « doit être souvent arrêtée, écrit-il, dans les crevasses qui correspondent à la ligne de soulèvement des volcans, dans la profondeur desquelles elle descend, s'échauffe et... apparaît à la surface du sol sous forme de thermes ».

C'est Laplace qui, pour la première fois, formula nettement

evrait être attribuée à l'accroissement de la chaleur
mesure qu'on pénètre plus avant dans les cou-
ures. Les eaux superficielles amenées de l'extérieur
ions, par suite de phénomènes d'infiltration ou
é, deviendraient *thermominérales* aux dépens des
u sol et de la chaleur des strates qui confinent le
ral de la terre, encore incandescent ; et l'appareil
ui leur donnerait naissance constituerait une sorte
nversé recevant d'un côté les eaux atmosphériques
e les laissant écouler au dehors en raison de la
de leur pesanteur spécifique due à leur thermalité
rences d'altitude entre les orifices d'entrée et de

us, « les deux propriétés caractéristiques des eaux
dit de Launay, à savoir leur minéralisation et leur
e s'expliquent presque toujours aisément par une
souterraine, en somme peu profonde. Il n'est jamais
de supposer dans le trajet des eaux une différence
erticale de plus de trois kilomètres : ce qui, com-
ux hauteurs des montagnes, soit aux déplacements
de nombre d'eaux de sources, est bien peu de
oublions pas, en effet, que les sondages de puits ou
éalisés en de multiples points du globe et à des
s de plusieurs centaines et milliers de mètres ont
rer : 33 mètres comme la longueur moyenne repré-
ugmentation de un degré de température ; c'est ce
elle le « degré géothermique », dont les valeurs
s supérieures, mais souvent inférieures, surtout
sinage des volcans.

expérimentale, montra que l'eau peut, par capillarité, passer à travers une plaque poreuse dont on chauffe un des côtés, malgré une pression contraire de plusieurs atmosphères.

Et pour expliquer le volume constant des sources thermales pendant les longues sécheresses ou après des pluies abondantes, on admit l'existence d'amas d'eau souterrains, en quelque sorte inépuisables (hypothèse de Thilorier).

Ainsi prenait définitivement naissance l'hypothèse de l'*origine artésienne* des eaux minérales; trop naturelle et trop simple pour ne pas trouver de bonne heure des partisans, elle a été défendue par les savants les plus illustres, développée dans les ouvrages célèbres de MM. Jacquot et Willm et de M. de Launay et à peu près universellement adoptée par les livres classiques d'hydrologie contemporains.

⁂

Cependant, en 1846, un géologue français de grande valeur, Elie de Beaumont, assignait aux sources thermominérales une place spéciale parmi les phénomènes naturels de l'époque actuelle.

Dans sa remarquable *Note sur les Emanations volcaniques et métallifères*, il rapproche singulièrement la production des éruptions volcaniques, la formation des filons métalliques et l'origine de la plupart des sources thermominérales. « Les éruptions volcaniques, dit-il, conséquence de l'activité de l'immense foyer intérieur que renferme le globe terrestre, amènent à la surface d'une part, des roches en fusion, de l'autre des matières volatilisées ou entraînées à l'état moléculaire, des gaz, de la vapeur d'eau et des sels... Les sources thermominérales..... pourraient être considérées comme des volcans privés de la faculté d'émettre aucun autre produit que des émanations gazeuses qui, dans le plus grand nombre de cas, n'arrivent à la surface que condensées en eaux minérales et thermales. »

emarquable hauteur de vues, le célèbre géologue
même comment la science permet d'entrevoir le
nt de notre globe, quelle a été sa jeunesse et
vieilli pour aboutir à l'harmonie générale actuelle

implement de ces pages magistrales ce qui nous
s spécialement : les eaux minérales semblent être,
la résultante de l'affaiblissement graduel et pro-
énomènes chimiques dont notre planète a été le

nge qu'une théorie si puissamment conçue n'ait
ment séduit tous les savants. A de très rares
ès, les techniciens n'y prêtèrent pas attention et
à lui préférer l'explication de l'origine artésienne,
ons déjà parlé. Il faut arriver jusqu'en 1906 pour
Gautier, dans son étude sur la *Genèse des Eaux*
ses rapports avec le volcanisme, reprendre,
préciser les opinions d'Elie de Baumont.
d'analyser les remarquables travaux de ce savant
enthèses, méridional de naissance, devint pro-
iversité de Paris après avoir été reçu docteur de
de médecine de Montpellier, je veux vous signa-
s exposées en 1902 sur les eaux minérales, par
ent géologue de Vienne.
conférence faite à la Société des naturalistes et
emands, Suess rappelle que si l'origine super-
missible pour un certain nombre d'eaux minérales
de « vadeuses », il ne peut en être de même pour
autres qu'il appelle « hypogènes » et qu'il consi-
originaires des couches mêmes de l'écorce terres-

sent puisque ces granites renferment surtout de la potasse ; d'autre part, la quantité d'eau exhalée au cours de certaines éruptions volcaniques est tellement considérable qu'il paraît impossible de lui attribuer une origine externe ; enfin les variations à courtes périodes dans le débit de la plupart des sources thermales, imitent des sortes de pulsations dont les geysers d'Islande sont les plus merveilleux exemples et ces pulsations devraient être rapprochées des périodicités dans l'activité et des poussées rythmiques de la matière incandescente que l'on constate dans les paroxysmes du Stromboli ou du Vésuve. Autant de raisons qui, pour Suess, militent en faveur de la formation de l'eau thermale dans les entrailles de la terre.

Et l'auteur émet la théorie de la synthèse des eaux hypogènes : de fortes quantités d'hydrogène et autres éléments réducteurs et combustibles se dégagent constamment, le fait est admis par tous les géologues, des roches internes incandescentes ; ils se rapprochent peu à peu de la surface terrestre en suivant les voies naturelles des failles volcaniques ; ils arrivent dans des régions où l'oxygène aérien peut pénétrer ; en présence de celui-ci, corps éminemment comburant, le soufre donne du gaz sulfureux, les hydrocarbures fournissent de l'acide carbonique et l'hydrogène produit de la vapeur d'eau ; cette vapeur d'eau se liquéfie, se minéralise durant son parcours et s'écoule, enfin, à l'extérieur, sous forme d'eaux thermales.

Bien que très ingénieuse et quoique étayée sur la science indiscutable de son auteur, cette théorie présente un point faible : il répugne quelque peu à l'esprit d'admettre que l'oxygène atmosphérique puisse, comme le voudrait Suess, aller à la rencontre de l'hydrogène à travers une zone plus ou moins épaisse de notre croûte terrestre.

Mais, passons ; car j'ai hâte de vous exposer la dernière des théories modernes, celle que la coordination et la critique des

rieurs ont permis à Armand Gautier d'élaborer
yant sur des expériences de laboratoire.

⁂

examine leur répartition sur la terre, on observe
es thermales se rencontrent presque exclusive-
s territoires éruptifs : les pays riches en eaux
nt tous des pays à volcans ou tout au moins à
iques.
ographie du Caucase, de la région rhénane, de
Kamtchatka, de Java, de Sumatra, du Japon, qui
antôt des volcans en activité, tantôt d'importantes
ches volcaniques, nous révèle également de nom-
téressantes sources thermominérales.
de notre pays, remarquez la position de nos
aises autour du Plateau central, siège d'éruptions
ertiaires qui se sont prolongées presque jusqu'au
que historique : St-Nectaire, La Bourboule, Royat,
, à l'ouest; Chateldon, Saint-Yorre, Hauterive,
, à l'est, s'orientent sur les deux grandes failles
t cette région affaissée, la plaine tertiaire de la
vec les terrains primitifs d'Auvergne. A coup sûr,
t venues au jour avec les roches ignées du Mont-
antal.
dans les Pyrénées, riches par excellence en eaux
auterets, Barèges, Luchon, Le Vernet, Amélie-
Boulou, voisinent avec des pointements volcani-
centre, à l'est et à l'ouest, percent un peu partout
ntagneuse.
curieux, d'autre part, de constater que là où les

trace éruptive, ces pays sont, en même temps, privés de source chaude.

« Les volcans en éruption constituent, d'ailleurs, eux-mêmes d'abondantes sources d'eau chaude ». Les volcans d'Islande et de Californie en rejettent continuellement des torrents. L'éruption de l'Etna en 1865 fournit, d'après les calculs de Fouqué, un minimum de 11.000 mètres cubes d'eau par 24 heures et le phénomène se prolongea pendant près de 200 jours ; celle de la montagne Pelée qui, le 8 mai 1902, anéantit Saint-Pierre de la Martinique et ses 26.000 habitants, fut précédée de projections de boue et d'énormes fusées d'eau bouillante ; les rivières débordèrent sans qu'il ait plu et sur les flancs de la montagne apparurent des eaux thermales.

Ce n'est pas tout. Presque toutes les sources thermales sortent de filons métalliques qui ont été remplis directement ou indirectement par les émanations du feu central : à Ems, ce sont des filons de galène et de cuivre pyriteux ; dans les Pyrénées, les sources sulfurées sodiques sont en relation évidente avec les failles métallifères de la région ; à Lamalou, les eaux chaudes sortent de filons autrefois exploités pour le cuivre et plomb.

Ainsi, par tout le globe, la sortie des eaux thermales paraît intimement liée à la venue au jour des roches volcaniques et à la formation des filons métalliques. Ce que ses prédécesseurs avaient simplement entrevu, A. Gautier nous l'a montré sous un jour vraiment saisissant.

Ces constatations faites, le savant professeur combat, ainsi qu'il fallait s'y attendre, la théorie artésienne des eaux thermales. Il n'attribue pas le volcanisme, comme certains le supposent encore, à l'arrivée jusqu'au feu central d'eaux de surface qui, transformées brusquement en vapeurs brûlantes et en gaz, pousseraient au dehors les masses fondues. « Il est impossible, dit-il, d'admettre que les eaux superficielles pénètrent jusqu'à la profondeur des laves incandescentes ». Il faudrait qu'elles

parcourent de haut en bas, 35 à 40.000 mètres et que, pour soulever la colonne de matière jusqu'au cratère volcanique elles possèdent à l'état de vapeur une pression de 8.000 atmosphères. « Il faut donc que cette eau, qui sort avec les laves, arrive des profondeurs mêmes..... violemment, s'il y a éruption, plus lentement et plus régulièrement, s'il s'agit d'eaux thermales. »

Voilà pourquoi, Armand Gautier pense que la cause du volcanisme et par suite de la production des eaux thermales réside dans les effondrements subits des couches terrestres les plus profondes. « Sous l'influence du refroidissement continu du globe et des actions moléculaires qui tendent à en rapprocher et souder toutes les parties, la terre se rétracte continuellement. » Des plissements et des rides, des tassements et des écrasements dans ses diverses couches en résultent; produits non loin de la surface du sol, ils amènent seulement des tremblements de terre; dans les régions qui avoisinent le feu central, ils entraînent des dislocations plus ou moins étendues, un contact plus intime des roches avec la matière ignée, une poussée des laves dans les fentes et fissures, un réchauffement des matériaux d'alentour. Grâce à ce réchauffement, il distille de la roche des éléments gazeux : hydrogène, azote, vapeur d'eau, etc.

Ainsi libérée, l'eau tend à fuir et à s'échapper au dehors en vertu de la pression énorme de sa vapeur et des gaz qui l'accompagnent; refroidie dans les couches supérieures, elle vient ruisseler liquide, mais chaude, en un point de la surface bien déterminé.

L'écoulement régulier des sources thermales s'explique, d'ailleurs, par l'action lente et continue du feu central : point n'est besoin de concevoir la répétition fréquente de ces brusques dislocations. Il suffit de songer à une distillation régulière des roches qui, tour à tour, perdent et récupèrent de l'eau de constitution : c'est le refroidissement partiel des roches provo-

qué par l'éloignement des laves sous l'influence de la poussée gazeuse, c'est la combinaison de l'hydrogène déjà dégagé avec l'oxygène de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et des oxydes métalliques contenus dans ces roches, c'est l'appel chimique des eaux de régions supérieures non déshydratées qui concourent à assurer la succession ininterrompue des phénomènes.

Je me garderai maintenant de pousser plus loin l'examen et la reproduction des travaux de l'éminent chimiste en ce qui concerne les réactions génératrices des exhalaisons volcaniques et des principes minéralisateurs des eaux thermales ; car les explications par trop techniques de ce travail intime sortiraient du cadre dans lequel nous devons rester ici. Sachez seulement que, dans ces profondeurs, les actions réciproques du chlorure de sodium, de la silice, des sulfures métalliques, de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique, suffisent pour engendrer les eaux sulfurées sodiques, les eaux silicatées sodiques, les eaux bicarbonatées et d'autres encore.

Mais, direz-vous, ce sont là de pures hypothèses. Vous nous exposez les conceptions d'un chimiste doublé d'un philosophe qui essaie de transformer en équations les phénomènes les plus complexes de la nature ! Nullement. M. A. Gautier appuie sa théorie sur des arguments qui paraissent probants, sur des recherches de laboratoire savamment conduites.

L'auteur a établi, en effet, que les roches primitives telles que les granites, les porphyres, les trachytes, les gneiss, qui paraissent parfaitement sèches lorsqu'on les examine superficiellement, dégagent par kilogramme de pierre de 7 à 16 grammes d'eau, si on les porte à la température du rouge naissant ; en même temps elles laissent échapper de 3 à 18 fois leur volume de produits gazeux et, chose inattendue, ces émanations « ont la composition des gaz volcaniques ordinaires », hydrogène, acide carbonique, oxyde de carbone, azote, etc.

Mais il y a plus : en chauffant de la poudre de granite à 300°

en présence d'eau distillée, A. Gautier a reconstitué artificiellement une eau sulfureuse sodique de tous points semblable aux eaux sulfureuses des Pyrénées (Barèges, Luchon) ou du Caucase. Argument topique par excellence et devant lequel il n'y a qu'à s'incliner!

S'il était besoin cependant de vous donner une idée plus concrète de ces phénomènes, j'ajouterai qu'en calculant la quantité d'eau fournie par le réchauffement d'un kilomètre cube de granite (roche qui, de toutes celles examinées, contient encore le moins d'eau) on obtient le chiffre fantastique de 26 millions de mètres cubes de liquide, c'est-à-dire de quoi alimenter pendant plus d'une année toutes les sources thermales de France à raison d'un débit total de 48.500 litres à la minute!

Or, remarquons que cette hypothèse d'effondrement d'un kilomètre cube de matériaux n'a rien d'excessif.

L'engloutissement partiel de l'île de Krakatoa qui, en 1883, fit disparaître dans les flots une montagne de 800 mètres d'altitude peut être évalué à 9 ou 10 kilomètres cubes; et les gigantesques affaissements qui, dans la série des temps géologiques, ont donné naissance à la Méditerranée, à la Mer Noire, à la vallée d'Alsace, etc., représentent chacun des centaines et des milliers de kilomètres cubes.....

Tous ces chiffres donnent à réfléchir. En présence de recherches aussi fécondes et de conclusions aussi originales, il semble bien que la genèse commune des phénomènes volcaniques et des eaux thermales soit, à l'heure actuelle, surabondamment démontrée.

⁂

A la vérité, les vues d'Armand Gautier seraient peut-être un peu trop exclusives si on se contentait de les formuler ainsi, en voulant y rattacher l'origine de toutes les eaux minérales chaudes et je crois que l'auteur lui-même s'est gardé d'avoir une telle prétention.

Les considérations développées par de Launay, en particulier, ne perdent pas de leur valeur; tout en reconnaissant que les sources thermominérales se groupent sur le trajet des grandes lignes de fracture de l'écorce terrestre, comme d'ailleurs les filons métallifères, l'auteur persiste dans la théorie artésienne et n'admet l'origine interne que dans de très rares exceptions.

Pourquoi, d'ailleurs, la solution du problème ne se trouverait-elle pas entre les deux opinions (si éloquemment défendues de part et d'autre et que le temps ne me permet pas de détailler davantage). Comme l'écrit le Dr Répin, à côté des idées formulées par Armand Gautier, nous pouvons admettre, avec de Launay, que « les fractures pénétrantes peuvent aussi servir à la descente des eaux de surface, et, en le faisant, nous nous rapprocherons très probablement de la vérité ».

Quoi qu'il en soit et comme conclusion de cet exposé, dans l'état actuel de la science, les eaux minérales peuvent être divisées en deux groupes bien distincts : 1° l'un comprend les *eaux minérales d'infiltration* n'ayant aucun rapport avec les filons métalliques, à débit, à composition et à température variables avec les conditions extérieures, ne renfermant jamais d'éléments métalliques ou métalloïdiques originaires des profondeurs ; 2° l'autre est formé par les eaux minérales d'origine éruptive que l'on appelle les *eaux vierges* ou *eaux primitives* : elles sortent des failles à minerais et ont une température constante ; leur débit est généralement rythmé, indépendant des saisons et des phénomènes météorologiques; elles renferment enfin, quoique en petite quantité, les éléments caractéristiques des émissions d'origine ignée, à savoir : du bore, de l'arsenic, du phosphore, de l'antimoine, du sélénium, du zinc (comme à Carlsbad, à la Bourboule ou à Vichy), du fer, du cuivre, du brome (comme à Balaruc ou à Bourbonne-les-Bains), du soufre, de l'ammoniaque, de l'iode (comme à Luchon, à Cauterets ou aux Eaux-Bonnes), enfin de l'hydrogène, de l'azote, de l'argon, de

l'hélium et de l'émanation radioactive (comme on en trouve dans presque toutes les eaux minérales de ce groupe).

II

Nous venons de passer rapidement en revue les idées émises jusqu'a ce jour au sujet de l'origine des eaux minérales. Si nous envisageons maintenant, et plus rapidement encore, celles qui ont eu cours sur leur activité thérapeutique, nous les trouverons non moins nombreuses et non moins discutées ; une entente définitive n'est même pas, à l'heure actuelle, complètement établie à cet égard.

⁂

Aussi loin que nous nous reportions, les eaux minérales ont toujours soulagé mille maux. Les Grecs en ont usé ; les Romains aussi et les fort nombreuses ruines qui nous sont restées de l'époque attestent le culte dans lequel ils tenaient nos stations. Mais chez les uns et chez les autres, les applications des sources minérales relèvent uniquement de l'empirisme : aucun besoin pour eux d'interpréter scientifiquement les faits. « Assoupis dans le mol embrassement de l'eau tiède, dit le docteur Helme, ils entendaient la source mystérieuse tomber goutte à goutte..... Devant eux passait en une brève vision l'étrange regard de la déesse inconnue qui venait à la lumière pour apporter la santé aux malheureux mortels. Ils divinisaient la source et cela répondait à tout. »

Oubliées pendant tout le moyen-âge, époque où, par abus du principe religieux, le corps considéré comme une guenille ne recevait ni eau simple pour la propreté, ni eau minérale pour la santé, les sources reviennent en honneur avec la Renaissance : la Cour va aux eaux ; Henri IV met en faveur son cher Béarn ; les eaux des Arquebusades se multiplient dans ce temps où pour oui ou pour non rixes et batailles

étaient d'une extrordinaire fréquence. Mais, jusqu'ici, pas de notion quelque peu précise sur le mode d'action des eaux ; on s'occupe des effets plutôt que des causes ; l'empirisme continue à régner.

Cependant dès la fin du XVI^e^ siècle et au XVII^e^, la spécialisation de certaines eaux minérales devient manifeste, simplement soupçonnée qu'elle avait été jusqu'alors. Médecins et gens du monde s'engouent de certaines de nos stations : Montaigne soigne sa gravelle à Plombières ; Louis XIII va chercher à Forges-les-Eaux le réconfort des anémiés et des affaiblis, en compagnie de la reine Anne d'Autriche et du Cardinal de Richelieu ; Madame de Montespan vient à Bourbon l'Archambault avec une nombreuse escorte ; Madame de Sévigné commence l'incomparable réputation de Vichy où on l'envoie se débarrasser de son rhumatisme, ce qui nous vaut, assurément, les meilleurs documents sur la pratique thermale de son siècle. Or, en ce temps, et surtout sous Louis XIV, c'est la théorie des humeurs qui l'emporte en médecine ; les sources minérales sont considérées comme des évacuants plus ou moins énergiques, des provoquants de la diaphorèse et de la diurèse ; et pourtant on sait un peu mieux ce que contiennent ces eaux minérales, ce pourquoi elles doivent agir, grâce aux travaux analytiques qui prennent déjà naissance et dont la plupart sont dus au chimiste Bourdelin, « trop injustement oublié », dit-on.

Avec le XVIII^e^ siècle les théories chimiques s'affirment ; les méthodes d'analyse de Baumé et de Lavoisier permettent de croire qu'on est en mesure de tout expliquer. « Parce que le chimiste a desséché dans ses creusets les larmes de la nymphe pour en peser le résidu, dit M. Helme, on s'imagina connaître la vertu d'une eau. »

Et de fait, innombrables et incessantes ont été les recherches chimiques sur la composition des eaux minérales, durant le XIX^e^ siècle et jusqu'à nos jours.

C'est, tout d'abord, dans les sels principaux qu'elles contiennent qu'on a voulu voir l'explication de leur activité thérapeutique : le chlorure de sodium, c'est-à-dire notre sel de cuisine dans les eaux de Salins du Jura et de Balaruc, le bicarbonate sodique seul dans celles de Vals ou du Boulou, allié au bicarbonate calcique à Saint-Galmier ou à Lamalou, le sulfure de sodium à Cauterets et à Amélie-les-Bains, le sulfure de calcium et l'hydrogène sulfuré à Enghien et aux Fumades, tels sont quelques-uns des éléments dominants qu'on a envisagés.

Malheureusement cette théorie n'est pas suffisante pour expliquer comment Luchon et La Preste, de composition chimique fort voisine, agissent la première spécialement sur les voies respiratoires, la seconde sur les voies urinaires ; pas plus qu'elle nous indique pourquoi Vichy et Carlsbad produisent des effets similaires alors que le bicarbonate de soude domine dans la station française et le sulfate de soude dans la source allemande ?

D'ailleurs, n'y a-t-il pas des eaux minérales dont la minéralisation est banale comme celle d'une eau potable ? Plombières, Luxeuil, Bagnoles-de-l'Orne, Evian sont des sources « indéterminées » d'après Durand Fardel, « indifférentes » d'après les hydrologues allemands ; quoique peu chargées en sels, elles n'en sont pas moins des plus actives.

On a dès lors songé, toujours dans le domaine de l'explication chimique, à attribuer l'action des eaux minérales aux éléments accessoires qu'elles renferment, même en petite proportion : l'arsenic agirait à La Bourboule, la lithine à Royat, le brome à Challes, le cuivre à Saint-Christau, etc. Il ne faut certes pas méconnaître l'importance thérapeutique de ces divers corps chimiques ; leur existence dans les eaux minérales, à côté de celle des composés dominants, constitue, sans doute, un appoint sérieux dans leur action.

⁂

Mais tout ceci ne nous donne pas la raison d'une constatation faite déjà au XIV^e^ siècle par un médecin de Bologne, Thura de Castello, et sur laquelle tout le monde est à peu près d'accord aujourd'hui ; on peut la traduire de la manière suivante : *une eau minérale bue à la source agit autrement qu'après transport.* Or, s'il est vrai que certaines eaux, telles les sulfureuses, mises en bouteilles et transportées, subissent une altération chimique profonde, il en est d'autres, comme les chlorurées et les sulfatées qui renferment des substances stables, ne variant pas sensiblement, même après un temps assez long de conservation. Comment interpréter, dès lors, ces modifications ? Pourquoi l'eau bue à la source agit-elle tout autrement que les corps chimiquement définis qu'elle contient ?

Pour certains physiothérapeutes, l'explication de ces faits résiderait en dehors de l'eau elle-même, dans des influences accessoires de régime et de conditions d'existence imposées au malade. Celui-ci, disent-ils, est brusquement arraché à une vie fièvreuse ; il laisse au logis soucis et préoccupations ; il vit en plein air, à une altitude élevée ; les phénomènes généraux de la nutrition sont modifiés, surexcités par tous ces changements, et il en résulte une influence heureuse sur son état. Ne faut-il pas voir dans cette théorie la cause du scepticisme de certains médecins du XVII^e^ et du XVIII^e^ siècle vis-à-vis des eaux minérales, scepticisme partagé par Voltaire lui-même qui écrivait, malgré sa cure à Forges-les-Eaux : « Les voyages des eaux ont été inventés par les femmes qui s'ennuyaient chez elles » ?

En réalité, observe Linossier, « le changement absolu de régime n'est favorable qu'aux demi-malades et ne peut avoir qu'une influence fâcheuse sur ceux qui sont gravement

atteints ». Voyage parfois long et pénible, isolement, régime d'hôtel, surmenage de la cure sont loin d'être, en eux-mêmes, des adjuvants du traitement thermal.

Mieux vaut donc chercher dans les propriétés intrinsèques des eaux minérales, l'explication de leur plus grande activité à la source.

On a songé à la thermalité. « Les eaux thermales qui ont beaucoup de chaleur, écrit Bouillon-Lagrange, en 1811, jouissent d'une tout aussi belle réputation que celles qui sont douées de beaucoup de principes. » Mais cette explication qui n'intéressait, tout au plus, que les eaux chaudes, avait été déjà reconnue erronée par Thura de Castello : quand une eau thermale « est refroidie, dit-il, et qu'on la réchauffe, elle ne donne plus les mêmes résultats que quand on l'emploie au sortir du griffon ».

On a invoqué, plus tard, la présence de matières organiques très altérables qui se trouveraient dans l'eau à la source, mais que les expérimentateurs n'ont guère étudiées néanmoins ; on est allé même jusqu'à vouloir attribuer l'action des eaux à des microbes spéciaux à chaque source : autant de théories qui ne se sont point généralisées parce qu'elles ne reposent pas sur des bases sérieuses. Si ces divers agents avaient l'influence prépondérante qu'on leur a donnée, on serait fixé depuis longtemps à cet égard, car ils sont, les uns et les autres, accessibles à nos investigations.

L'étude de l'état de profondeur de l'eau minérale, différant au point de vue physico-chimique de l'état de surface, est la voie dans laquelle on a engagé plus spécialement les recherches dans ces dernières années. On a voulu trouver au moment où l'eau minérale jaillit, ses propriétés qualifiées par Hayem de « quasi-mystérieuses » dans les émissions gazeuses qui s'en échappent et dans les phénomènes de radio-activité qu'on y observe. Gaz rares et corps radio-actifs dans les eaux minérales, deux questions intéressantes à examiner.

⁂

Grâce aux consciencieux travaux d'une véritable pléiade de chimistes contemporains, nous savons aujourd'hui que le prétendu « azote » des eaux minérales n'est pas de l'azote pur et qu'il est toujours accompagné de petites quantités d'autres corps gazeux, dont on avait, jusqu'à ces dernières années, méconnu l'existence.

Dénommés globalement « gaz rares » par suite de l'étroite parenté qui les relie, ces éléments (argon, hélium, néon, crypton, xénon) ont été surtout étudiés dans les eaux minérales par le Professeur Moureu, de l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, et ses belles recherches ont été couronnées, cette année même, par le prix des Eaux minérales que lui a décerné la Société de Thérapeutique.

Une cinquantaine de sources ont été analysées par l'auteur; elles appartiennent à des stations situées en des points divers de France ou des pays voisins : Panticosa, Spa, Plombières, Luxeuil, Bourbon-Lancy, Vichy, Eaux Bonnes, Eaux Chaudes, Cambo, Lamalou, etc. Les débits observés sont très différents : à titre de renseignement, je vous signale que l'eau minérale la plus riche en gaz rares est la source du Lymbe de Bourbon-Lancy : elle en débite annuellement plus de 16.000 litres « et l'hélium y entre pour une proportion supérieure à 10.000 litres..... c'est une véritable mine de gaz rares et d'hélium ».

Accompagnant le plus souvent ces gaz, existe aussi dans les eaux minérales l' « émanation » de ce métal nouveau, paraxodal et mystérieux qu'on appelle le radium.

A la suite de la mémorable découverte des phénomènes de radio-activité par Henri Becquerel, Thomson en 1902, Pierre Curie et Laborde en 1904, caractérisaient l'émanation du radium dans les dégagements gazeux de diverses sources thermales : d'autre part, il fut démontré bientôt que cette émanation se détruit en donnant, entre autres produits, de l'hélium. Dans

la nature (les faits étant ici simplifiés à dessein, tant au point de vue bibliographique qu'expérimental), le radium se transformerait donc peu à peu et lentement en émanation et celle-ci en hélium. Ajoutons que la modification de l'émanation en hélium est assez rapide puisque, d'après la loi de décroissance formulée par Pierre Curie, après 4 jours, la radio-activité observée n'est plus que de la moitié de sa valeur initiale ; elle va sans cesse en diminuant et disparaît après deux mois environ.

Voilà pourquoi il existe toujours une relation évidente entre l'hélium des sources thermales et leur radio-activité ; voilà pourquoi des sources fortement radio-actives comme celles de Gastein, en Tyrol, ou de Plombières, en France, doivent trouver sur leur parcours, à une distance relativement courte du point d'émergence, des terrains riches en radium ou son émanation. Depuis des milliers de siècles, le radium souterrain engendre de l'hélium ; ce gaz demeure en partie occlus dans le minerai radifère jusqu'au moment où l'eau minérale soit liquide, soit encore à l'état de vapeur rencontre ce minerai sur son trajet, en dégage l'hélium, tout en se chargeant d'émanations radio-actives. Et la radio-activité à l'émergence est « d'autant plus intense que l'émanation est elle-même plus jeune, c'est-à-dire que les terrains radifères d'où elle provient se trouvent plus rapprochés du griffon ».

Nous connaissons donc l'étroite parenté, les relations certaines qui existent entre l'hélium et le radium. Par suite de la grande analogie des cinq gaz rares déjà considérés n'est-il pas permis de supposer qu'ils sont eux-mêmes issus de corps radio-actifs internes métamorphosés parallèlement? Problème complexe qui nous réserve sans doute de déconcertantes communications et des conceptions peut-être plus hardies encore !

Toujours est-il qu'il se passe à la source minérale un travail de transformation intense : les gaz rares et la radio-activité doivent en être les manifestations physico-chimiques les plus évidentes ; la fièvre thermale, les éruptions cutanées (la radiumdermite de Plombières, par exemple), les modifications

profondes et heureuses de la nutrition semblent physiologiquement en résulter. Les eaux possèdent, à ce moment, un certain degré de puissance et d'énergie qu'elles perdent bientôt peu à peu ; elles sont « vivantes », ainsi qu'on l'a exprimé par un de ces mots pittoresques qui font sur l'esprit une impression plus intense que des explications.

⁂

N'allez pas croire, toutefois, que cette théorie où se trouvent mêlés avec les faits réels des vues hypothétiques sortant quelque peu du domaine de la précision, soit encore universellement adoptée.

Bon nombre de physiologistes veulent voir l'activité des eaux minérales dans un état électrique particulier, dans les portions de molécules que l'on appelle des « ions », qui résulteraient de la décomposition des substances salines en solution et qui seraient douées d'affinités spéciales, de propriétés énergiques au premier chef.

Certains autres demeurent, avec Garrigou, fidèles à la théorie des colloïdes ; ceux-ci agiraient sur l'économie à la manière d'oxydases, de ferments. A vrai dire, l'application journalière et avec succès par la thérapeutique moderne des métaux colloïdaux obtenus artificiellement dans l'officine, contribue largement à faire attribuer l'action plus certaine des eaux minérales à la source, à la présence de corps de cette nature ; on ne fait semble-t-il qu'appliquer aux eaux minérales le mot du grand Claude Bernard : « Les ferments contiennent, en définitive, le secret de la vie ».

⁂

La radio-activité, la théorie des ions et la conception colloïdale se disputent donc, à l'heure actuelle, l'explication de l'action thérapeutique des « lymphes minérales » de Gubler, des « milieux vitaux » de Fleig, des « forces organiques » du professeur Landouzy.

Disons, avec Pierre Daniel, qu'il est peut-être possible de concilier ces hypothèses : les ions minéraux doivent, sans doute, accroître l'activité des granules colloïdaux et la radio-activité, tant qu'elle persiste, maintient ces granules en suspension. L'eau minérale transportée voit ses propriétés peu à peu disparaître, à la fois par perte de sa radio-activité et par précipitation de ses colloïdes. Ses caractères de matière vivante s'atténuent au fur et à mesure de sa conservation ; si bien que le malade qui l'absorbe après quelque temps d'embouteillage ne prend plus qu'une eau vieillie, quelquefois mourante et peut-être morte ; et le chimiste qui procède à son analyse « dissèque son cadavre », comme disait Chaptal.

Observons, enfin, avec Gustave le Bon, que l'étude des « actions produites sur les divers organes animaux » constitue probablement la véritable et la seule méthode révélatrice des causes de l'activité des eaux minérales. Car les substances entrant en jeu dans les réactions physiologiques sont souvent en si faibles proportions qu'elles n'influencent ni balances, ni réactifs.

Physiciens, chimistes, physiologistes et cliniciens peuvent donc encore demander à ce tout, à ce bloc, qu'est une eau minérale, les raisons de sa vie et de son action.

La physico-chimie des impondérables et des instables, malgré les immenses difficultés auxquelles elle se heurte a été si féconde en biologie, qu'elle ne paraît pas avoir dit encore son dernier mot.

Espérons que les chercheurs du XX^{e} siècle nous apprendront bientôt ce qu'il faut retenir et admettre de ces diverses et trop longues considérations ; à moins qu'en désespoir de cause et en communion avec certains esprits, pourtant éclairés, de nos jours, ils ne finissent par avouer que malades et médecins sont simplement suggestionnés par le résultat à atteindre, et que la foi dans les vertus de l'eau minérale constitue le facteur le plus important de la cure...

ETUDES EXPÉRIMENTALES SUR LES ZOOPTÈRES

(*Suite*)

Par le Dr **AMANS**

Ma deuxième série d'expériences a eu lieu en 1909; le mémoire qui les relate paraît tardivement, bien que livré à l'impression en octobre 1909. Il a paru depuis des travaux importants, entre autres celui d'Eiffel sur les mesures des résistances d'aéroplanes; j'ai moi-même perfectionné ma méthode, corrigé certains résultats de ma deuxième série et fait une étude plus complète du centre vélique. J'ai déjà extrait de cette étude plusieurs articles qui ont paru dans l'*Aéronaute* et le *Bulletin mensuel de l'Académie* (1); je rappellerai dans le présent mémoire, le sens général de ces articles, sans répéter les détails. Je ferai une critique de mes propres expériences, sans oublier celles d'autres chercheurs. Il reste encore des discordances notables entre les tableaux et diagrammes des divers observateurs et on est le plus souvent réduit aux hypothèses pour expliquer ces discordances. Je sais très bien, par exemple, pourquoi mes résultats de 1910 sont un peu différents de ceux de 1909, mais j'ignore pourquoi Eiffel trouve pour un rectangle concave 72 gr. de *montée unitaire* à 10° d'incidence, et Riabouchinsky 48 gr.

(1) Voir *Aéronaute* (1910, nos 533, 534, 535, 558, 567, 570). — *Bulletin mensuel de l'Académie*, Montpellier (no 4, 1910, no 1, 1911).

L'*Aéronaute*, fondé en 1868 par le Dr Hureau de Villeneuve, était l'organe de la Société française de navigation aérienne. Il a été supprimé par le Conseil d'Administration en février 1911 et dorénavant les procès-verbaux des séances sont mentionnés dans la *Technique aéronautique*.

seulement; pourquoi le diagramme d'Eiffel est-il plus voisin de celui de Lilienthal? Pourquoi cette concordance avec des appareils de mesure et une rivière aérienne si différents que ceux d'Eiffel et Lilienthal? Pourquoi la discordance avec des conditions et des dispositifs si voisins que ceux d'Eiffel et Riabouchinsky? Je me garderai de toute hypothèse à ce sujet, mais je ne suis pas tenu à la même réserve pour mon cas; il est relativement plus facile de comparer mes expériences successives, à cause de la constance impeccable de ma rivière en vitesse. Il n'en est pas de même quand on opère avec un moteur électrique; il faut simultanément observer les appareils de mesure et le tube de Pitot; comme les déplacements de la colonne dans le tube sont assez lents à se produire, plus lents parfois que ceux des appareils de mesure, on peut de très bonne foi enregistrer des mesures faites soi-disant à une même pression du tube, mais en réalité à des vitesses différentes.

J'actionne une roue motrice avec un de mes pieds, sous la conduite d'un métronome, ce qui me donne une vitesse aérienne constante, indépendante du temps. On pourrait, il est vrai, m'objecter que le mouvement alternatif me donne pour la vitesse, non une droite, mais une sinusoïde; c'est vrai en principe, mais comme cette roue motrice forme un volant très lourd, la sinusoïde est très sensiblement une droite (1). Une autre objection est le glissement possible des courroies de transmission; il vaudrait mieux évidemment employer un train d'engrenages, mais à défaut il faut examiner de temps en temps l'état des courroies; une surface étalon placée dans le courant à une même place, doit toujours donner la même résistance à un demi-gramme près. J'ai toujours ainsi procédé et cependant je ne suis pas satisfait des résultats obtenus dans ma deuxième

(1) En plaçant un de mes phonographes dans la rivière et utilisant le courant pour la rotation d'un rouleau musical, j'ai une audition très nette, avec constance de la hauteur et du timbre, à condition toutefois que les deux pales du ventilateur soient identiques et identiquement placées.

série d'expériences. Les chiffres sont exacts et correspondent à une rivière constamment la même, mais cette rivière n'est pas suffisamment homogène.

Une particularité de mon système consiste dans l'emploi d'un ventilateur à pales zooptères — dans l'absence de tout tunnel ou chambre de brassage de l'air. Mes pales zooptères ont la propriété de donner une rivière plus compacte, plus homogène que les hélices généralement employées, si bien qu'à 1 m. 50 environ en arrière du plan de rotation, j'ai une zone assez étendue en hauteur (la moitié environ de l'envergure du ventilateur) de même vitesse. Plus exactement je trouvais à l'anémomètre que dans cette zone la plus faible vitesse était les 90 % de la plus grande. Seulement je négligeais un restant de mouvement spiral aérien produit par la rotation des pales, si bien que les trajectoires des molécules n'étaient pas rigoureusement parallèles. J'ai remédié à ce défaut au moyen d'un casier à lames de tôles minces placées horizontalement dans le courant. Le sens général de mes premières expériences n'est pas changé, mais je trouve des résultats différents pour une même incidence. Je comparerai les diverses voilures au moyen des résistances en grammes, sans donner de coefficients unitaires. Pour donner un coefficient unitaire exact, il faut être sûr de la valeur exacte de la vitesse du courant ; cette valeur est donnée soit par un anémomètre soit par un manomètre. Aux faibles vitesses où j'opère, le tube de Pitot ne m'est d'aucun secours (1). En opérant avec trois anémomètres différents, j'ai trouvé trois vitesses moyennes différentes; je dirai donc que la vitesse moyenne est comprise entre 4 m. 50 à 5 mètres ; en outre, dans la zone en question, la plus faible vitesse observée est les 93 % de la plus grande, et cela à n'importe quel moment. Cette constance des conditions expé-

(1) A des vitesses plus grandes, la hauteur du tube varie suivant l'œil de l'observateur de 1 à 2 millimètres, si bien que trois observateurs différents donnent trois hauteurs différentes.

rimentales en fonction du temps manque dans beaucoup d'appareils analogues ; elle me donne une supériorité notable pour la comparaison des diverses formes de voilures.

Le ventilateur est du type Larus (Goëland, Mouette) comme dans le précédent mémoire ; mais il a été renforcé par une nervure supplémentaire et recouvert d'une étoffe plus résistante ; il donne un courant plus puissant.

Je vais successivement étudier la résistance sur un rectangle plan, un rectangle concave, un Pigeon, une Mantis en bois, une Mouette naturelle, une Mouette en bois, un tétraptère, une palette triplane, un ovoïde de Mouette et je donnerai quelques diagrammes du centre vélique et du centre de carène.

Je représente l'incidence des cordes proximales par i, la composante verticale ou montée par q, la composante horizontale ou trainée par r ; lorsque la voilure est *isogone*, comme c'est le cas de tous les aéroplanes actuels, l'incidence est la même pour toutes les cordes de profil. Lorsque la voilure est tordue, comme dans les pales animales, on peut choisir arbitrairement une corde de profil, et nommer incidences les angles de cette corde, avec le courant ; on peut aussi prendre comme zéro la position où la montée est nulle, et j'appelle α les angles comptés à partir de cette position. J'ai adopté cette évaluation pour les zooptères et pour les surfaces concaves ; c'est, si l'on veut, une incidence théorique, mais elle a, au point de vue aviateur, le mérite de donner un même zéro de sustentation aux formes les plus dissemblables, sans se préoccuper des incidences réelles des divers profils, ni des autres caractères géométriques.

Dans la Mantis en bois par exemple, lorsque la montée est nulle, les cordes de profils proximaux font un angle négatif avec l'horizon ; l'un de ces profils est à —7°. Si j'appelle i cette incidence réelle et α l'incidence théorique, je dirai :

$$i = \alpha - 7^{\circ}$$

Cette différence α-i est une constante des pales isogones ; elle peut, à la rigueur, être introduite dans les calculs, mais avec des pales ondulées, tordues, α-i change avec chaque profil.

I. Rectangle plan 62×305 $^{m}/_{m}$

Surface : 189 cm².

Profil fusiforme, à gros bout de 4 millim. 5, tout à fait à l'avant,

i	q	r
0°	0	0,25
10°	9	1,5
20°	16	5,75
30°	15,5	9,5
40°	14	15
50°	13	19,5
60°	10,5	23
70°	8,5	25,5
90°	0	26

Le zéro correspond au plan de symétrie de la pale. Le maximum de montée correspond non pas au voisinage de 40°, ainsi que l'ont trouvé divers expérimentateurs et moi-même la première fois (1), mais à 24° environ. Je me rapproche ainsi davantage de Rateau qui trouvait 20° avec un rectangle de 300×500 millim. Eiffel trouve 15° seulement pour une plaque de 900×150 ; mais Riabouchinsky trouve 25° pour une plaque de 100×300.

D'une manière générale, Eiffel trouve des angles plus faibles pour les montées maximum, qu'il s'agisse de pales planes ou courbes ; mais là où il est le plus en désaccord avec les autres chercheurs, c'est par le rapport de la résistance maximum

(1) Voir pages 161-170.

oblique à la résistance orthogonale. Il trouve, par exemple, avec un plan carré, qu'à 38° la résistance est 1,45 fois plus grande que la résistance orthogonale. A Koutchino, avec un plan carré, on trouve 0,97 seulement; d'une manière générale, on trouve que la résistance oblique est toujours plus faible que la résistance orthogonale.

Avec un rectangle ayant 1|6 d'*oblong* (1), Eiffel trouve un rapport inverse de 15° à 20°; avec 1|2 d'oblong, 1|3, 1|6, 1|9, la résistance oblique est roujours inférieure à la résistance orthogonale. Je trouve, au contraire, qu'elle est un peu supérieure, à 70° avec un oblong de 1|5.

II. Rectangle concave 62×305 $^{m}/_{m}$

Surface : 189 cm². — 1|5 d'oblong.

Profils courbes isogones, à gros bout avant, de 4^{m}5 d'épaisseur; 1|12 de creux.

La forme de ce profil n'est pas ce qu'Eiffel dénomme improprement un *profil en aile d'oiseau*, avec gros bout tout à fait à l'avant : cette forme de massue n'existe pas chez les oiseaux. Quand il s'agit d'aéroplanes, on dira que tel constructeur emploie la forme en massue, tel autre met le gros bout au 1|5 antérieur, tel autre au milieu; cette diagnose est impossible *avec une pale animale : le rapport varie dans la même aile suivant le profil; la section maîtresse est plus éloignée du bord antérieur dans la région proximale; elle s'en rapproche du carpe au distum, sans jamais cependant prendre la forme en massue.*

Dans les tableaux qui suivent, Ai, As, Pi, Ps, représentent les résistances de 0° à 360°.

(1) J'appelle *oblong* le rapport de longueur du profil maximum au front maximum. Le *front* est la projection de l'axe proximo-distal sur un plan perpendiculaire au courant.

Ai vent debout sur face ventrale
As — — dorsale
Pi vent arrière sur face ventrale
Ps — — dorsale

q et r des résistances en grammes.

	Ai		Pi		As		Ps	
α	q	r	q	r	q	r	q	r
0°	0	2	12 5	1	0	2	12 5	1
10°	10	1 5	23	2	—6 5	3 5	0	1 5
20°	19	5 5	22 5	8	—9	6 5	—6 5	4 5
30°	24 5	9 5	23	12	—10 5	9 5	—8 5	7
40°	22	14 5	22	16	—10 5	12 5	id.	12
50°	19	17 5	18 5	21	—10 5	17	id.	16
70°	10	28	5	28	—5	24	—6	22 5
90°	1	32 5	—1	32 5	—0 5	26	+0 5	26
82°	0							

L'incidence réelle du profil est $i=\alpha-6°$; ainsi pour un angle α de 10° avec Ai, le profil fait avec l'horizon un angle de 4° seulement. Dans cette position, la montée est de 10 grammes, mais avec le vent arrière Ps, la montée est nulle.

Ainsi que je l'ai déjà remarqué (1), la montée varie peu sur la face convexe As, Ps, pour des variations d'incidence assez étendues.

Le maximum de montée est au voisinage de i=24°; il est au voisinage de 25° chez Riabouchinsky pour un rectangle mince de 100×300 millim. et creux de 1/12; au voisinage de 17°5 chez Eiffel pour un rectangle à profil en massue avec 1/13,5 de creux et 1/6 d'oblong.

(1) Page 160.

III. Mantis en bois

Cette pale a 26 cm. d'envergure, 172 cm²; creux maximum à la base 1/12; torsion positive de 10°: surface ondulée.

	Ai		Pi		As		Ps	
α	q	r	q	r	q	r	q	r
0°	0	1 5	6	1	0	2	+6	1 5
10°	10	1 5	14 5	3	—7 75	3	—0 75	1
20°	19	4	21	6 5	-10 25	5	—9 5	5
30°	23	8	21 5	13	-10 25	8	-11	8 5
40°			17	17 5	-10 25	11 5	-11	12
50°	19	17	16 5	23	—9 75	14	—9	16
70°	10	25	9 5	26	—6 25	19	—6	24
90°			0	31 5	0	24	0	24
94°	0	32						

Dans le n° 4 du *Bulletin* 1910 j'ai donné les courbes de déplacement du centre vélique du rectangle plan, du concave et de la Mantis ainsi que les figures de ces pales. Je concluais que *le rectangle concave est aux petits angles d'une instabilité dangereuse, plus dangereux que le plan*; *la forme ondulée Mantis à concavité décroissante à partir de la base distum plat et torsion positive a l'avantage d'avoir un plus faible déplacement du centre vélique tout en ayant moins d'envergure, une bonne qualité de sustentation et faible trainée.*

J'ai depuis étudié le déplacement du centre vélique sur la face dorsale As du rectangle concave en bois. Aux petits angles, il va d'avant en arrière, tandis que sur la face ventrale, il va d'arrière en avant.

M. Brunet, de Barcelone, a proposé deux surfaces en tandem, la postérieure moins inclinée que l'antérieure, pour combattre le tangage. Son projet revient en somme au schéma convexe : si l'appareil se cabre ou capote, le centre vélique recule ou s'avance; la pesanteur et la résultante aérienne forment un couple redresseur dans l'un et l'autre cas.

IV. Pigeon

Il s'agit d'une aile de Pigeon ayant 26 cm. de longueur, 212 cm². La section de profil au 1/5 interne est fortement concave ; et sa corde est à —7° quand la montée est nulle. Le profil médian a une moindre concavité et un point d'inflexion apparaît en arrière de la partie osseuse ; sa corde est sur l'horizon à —15° environ. La section de profil au 1/4 externe est bi-convexe et sa corde à —13°.

La stabilité de cette pale à 0° est parfaite et le déplacement antéro-postérieur du centre vélique très faible. Il marche d'abord d'avant en arrière lorsque α varie de 0° à 10° ; il faudrait une épure sur deux plans pour représenter cette marche, car en même temps il va de dehors en dedans. Sa marche est d'abord centripète. A 0°, il est situé à 27 millim. du plan du profil médian entre l'articulation et ce plan médian ; à 10°, il est à 54 millim., puis il revient à 20 millim. vers 30° et conserve cette distance jusqu'à 90°.

Cette forme offre donc certains avantages pour la stabilité, mais la trainée est un peu forte, aux petits angles d'incidence, ainsi qu'on en jugera par le tableau suivant. J'attribue ce résultat à la torsion négative ; j'ai fait suivre le tableau de Pigeon d'un tableau de Macreuse, caractérisée par une plus grande concavité et une torsion négative plus accentuée. La trainée est encore plus forte.

Pigeon

	Ai		Pi		As		Ps	
α	q	r	q	r	q	r	q	r
0°	0	2 5	6	5	0	2 5	7	5
10°	10	2 5	13	7	—8	5	—1	3
20°	17 5	4	14 5	12	—11 5	8	—8	5
30°	23	6 5	16 5	17 5	—11 5	12 5	—12	8
40°	24 5	11	14 5	22	—11 5	16	—11	12
50°	22	16 5	12	27	—11	21	—10 5	18
70°	15	28	2 5	33	—5	25	—7 5	25
90°	—3	37	—3	38	+1	27	—1 5	27
100°	0	38						

MACREUSE

α	q	r	α	q	r
0°	0	3	50°	27	22 5
10°	11	4	60°	24	29
20°	21	7	70°	18	31
30°	26 5	11	90°	6 5	37
40°	26 5	16 5	100°	0	40

Cette aile a 216 cm² et 28 cm. de longueur; sa corde basilaire est horizontale pour la montée nulle; et ses cordes de profil font successivement —5°, —10°, vers le milieu et de nouveau —5° vers le 1/5 externe. Cette pale est évidemment un mauvais modèle pour voilure d'aéro.

V. AILE TRIÉDRIQUE A VERSANTS BASILAIRES MOBILES

Cette aile est semblable à l'élytre des orthoptères par son contour et sa division en trois parties principales : (A) un petit versant basilaire antérieur; (B) un versant basilaire postérieur plus large et une partie médiane foliacée (M) s'intercalant entre les deux versants par sa partie étroite, sa partie large formant le distum de l'aile. Le bord antérieur de cette partie médiane est l'analogue du bras osseux des oiseaux; c'est le *fouet* de l'aile, indispensable au vol, mais insuffisant sans les manœuvres du versant antérieur et du versant postérieur (1). J'ai rendu ces versants mobiles, de manière à ce qu'une section proximale puisse prendre successivement les quatre formes :

(1) En posant une aile naturelle d'insecte sous l'objectif du microscope, j'ai autrefois mesuré les hauteurs des divers points de la surface à 1/100 de millim. près. Ces résultats sont consignés dans mon mémoire sur la *Géométrie comparée des élytres* (AFAS 1901). En appliquant cette méthode à une Ephéméride (Hexagenia bilineata), Woodworth trouve que la concavité diminue lentement en allant du proximum vers le milieu de l'aile, puis très rapidement du milieu vers la pointe distale, ce qui est bien d'accord avec mes mesures antérieures. (*The wing's veins of Insects*, 1906.)

a, *b*, *c*, *d*, de la fig. 1, plane, concave, ondulée. Dans tous ces cas naturellement le distum reste plat.

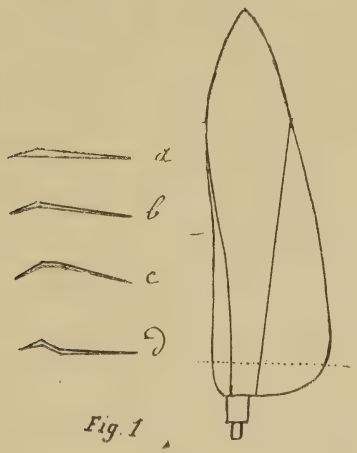


Fig. 1

Dans la forme plane, la superficie de la face inférieure est de 163 cm². L'axe proximo-distal a 260 millim.; la plus grande largeur proximale est 85 millim.; l'épaisseur maximum est sur le fouet de 10 millim. au proximum, 2 millim. au distum. Les sections proximales sont du type plan convexe, c'est-à-dire plan sur la face ventrale, convexe sur la face dorsale.

En abaissant le versant antérieur seul, on a une forme concave (b) tordue, avec torsion positive de 8°; si on abaisse en même temps le versant postérieur, on peut avoir une pale (c) presque sans torsion, mais avec un creux proximal plus accentué; si, au contraire, on relève ce versant postérieur, on a une section proximale ondulée (d).

Dans le tableau suivant, l'incidence théorique 0° correspond à une montée nulle. Dans ce cas, les incidences réelles sont :

		plane	concave		ondulée
		a	*b*	*c*	*d*
q = 0 gr.	Au proximum	0°	—8°	—4°	—12°5
	Au distum	0°	—1°	—4°	+2°

	plane		concave				ondulée	
	a		*b*		*c*		*d*	
α	*q*	*r*	*q*	*r*	*q*	*r*	*q*	*r*
0°	0	0 5	0	0	0	1	0	0 5
10°	7	2 25	6	1 5	9 5	1 5	5	1 5
20°	13	4 5	12 5	4 5	14 5	4 5	10	5
25°	17				18			
30°	15	9	17 5	7	17 5	7	15 5	7 5
40°	14	15 5	14 5	10 5	16 5	11	15	13 5
50°	14	18	12 5	15	14	16	12 5	17
70°	8	26	8	25	10	24	9 5	23
90°	0 5	29	2 25	27	2	27	3	27

Supposons qu'un aéroplane ait la forme (b); je ne propose nullement cette pale schématique comme modèle; mais elle va nous servir de champ de manœuvres. Supposons-la à l'incidence de 10°; le distum a une incidence réelle de 9°. Manœuvrons maintenant les deux versants antérieur et postérieur, sans toucher à la partie médiane, c'est-à-dire au distum ; ce genre de manœuvres est tout à fait différent du gauchissement distal, revendiqué par les frères Wright.

On a 9° d'incidence distale

avec la forme *(c)* pour $\alpha = 13°$
— *(d)* — $\alpha = 7°$
— *(a)* — $\alpha = 9°$

Les composantes de la résistance correspondantes sont :

	q	*r*
b	6	1.5
a	6.5	2.15
c	11.3	2.3
d	3.5	0.7

On voit qu'*en abaissant le versant postérieur* (*c*) *on peut presque doubler la montée, et en la relevant* (*d*) *la diminuer de moitié.* Une troisième manœuvre consiste à relever le versant antérieur (*a*); l'effet le plus certain est de diminuer la vitesse et amener la chute de l'aéro ; c'est l'analogue de la manœuvre du plongeur dans les Farman et les Wright.

On voit déjà la possibilité de *rétablir l'équilibre transversal* en abaissant le versant postérieur d'une aile, et relevant le versant antérieur de l'autre aile, de manière à avoir une montée plus forte d'un côté, avec des traînées très peu différentes des deux côtés. On obtient ce résultat *sans toucher au distum, ni au vireur* : on sait que les Wright sont obligés de remuer la queue verticale ou vireur, quand ils font le gauchissement distal pour rétablir l'équilibre transversal.

Pour compléter cette étude, voyons les centres de poussée :

Au voisinage de 0°, la forme (*c*) a une tendance constante à capoter; (*b*) est plus stable ainsi que (*a*) ; la forme (*d*) est la plus stable. Cette forme est caractérisée par un profil ondulé à la base et une forte torsion positive ; la *projection de profil* de l'aile tout entière donne une figure qui *tourne vers le haut sa concavité*: *c'est le triomphe du dièdre de stabilité.*

A 9° d'incidence distale, le centre de poussée est plus en avant dans la forme ondulée (*d*) au 28 % antérieur de la section de profil ; il est au 34 % dans la forme plane, au 40 % dans la forme concave isogone (*c*). On voit donc que la *manœuvre du versant postérieur peut remédier soit au cabrage, soit au capotage, suivant le cas.*

Je pourrais donner les chiffres obtenus avec mes trois balances du centre vélique, mais je n'en vois pas l'utilité ; cette pale triédrique étant formée de trois plans m'indique seulement le sens général des phénomènes sur des surfaces planes, concaves ou à profil ondulé. Nous nous rapprocherons davantage de la Nature avec les ailes suivantes :

VI. Tétraptère

L'insecte muni de quatre ailes est un tétraptère ; il a deux ailes de chaque côté, l'aile antérieure, plus ou moins différente de la postérieure. Prenons le type *orthoptère*, remarquable par un fort oblong ; quelle est l'action de l'air sur de telles surfaces placées en tandem ? Pouvons-nous espérer avoir une bonne sustentation, une voilure stable aux faibles angles et une faible traînée relative? Si oui, on pourrait construire un aéro moins encombrant, de moindre envergure, et inaugurer de nouvelles manœuvres pour la direction.

Il est relativement facile de tracer la projection horizontale maximum d'une voilure d'insecte ; le relevé des hauteurs n'est pas plus difficile, mais il faut se rappeler l'anatomie, savoir que la concavité et la torsion sont variables au gré de l'animal, et que la géométrie *post mortem* ne donne qu'une part de la vérité. L'anatomie nous indique cependant certaines limites, entre lesquelles l'on peut faire varier la concavité et la torsion.

Les caractères du premier type observé sont les suivants :

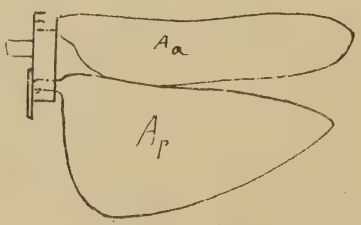


Fig. 2

	longueur	largeur maximum	concavité maximum	torsion	surface
	—	—	—	—	—
(Aa) Aile antérieure.	190 $^{m}/_{m}$	45 $^{m}/_{m}$	1/16	+6°	
Ap Aile postérieure..	180 —	95 —	1/16	+2°	
Ensemble des 2 ailes.	190 —	140 —		—1°5	208^{cm}

Les deux ailes ont chacune un manche cylindrique spécial qui sert à les fixer sur un support commun, pour prendre des positions différentes l'une par rapport à l'autre; ainsi dans une première expérience, dans la région proximale, la corde de Aa fait —18° avec l'horizon, la corde de Ap fait +5°, et la corde totale —5°. A cette position correspond une montée nulle; si je conviens de marquer $\alpha = 0°$ pour cette position, je puis étudier les variations de la résistance, quand le support commun varie de 0° à 90°. Ces variations sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Les incidences réelles des cordes de profil de l'ensemble sont pour cette position initiale :

Au proximum.....	—5°
Au 42 %.....	—5°
Au 7/10 interne.....	—3°5
Au 95 % interne.....	—6°5

C'est donc prise dans son ensemble, une voilure faiblement tordue, presque isogone, mais à courbures de profil variables.

Rotation de l'ensemble :

α	q	r
0°	0	1 25
5°		1
10°	11	1 5
20°	20	2 75
25°	24	
30°	30	8 5
40°	30	
50°	25	24
70°	12	32
90°	2	40

Cet ensemble est relativement meilleur que le rectangle concave, avec une envergure bien plus faible, les deux tiers

seulement de celle du rectangle. Mais la stabilité longitudinale n'est pas meilleure que celle du long rectangle, au voisinage de 0°, et le centre de poussée a un déplacement considérable de 4 cm. lorsque α varie de 10° à 40°.

Je montrerai plus loin comment on peut remédier à cette instabilité en modifiant l'aile antérieure, mais auparavant je vais faire exécuter aux deux ailes des manœuvres intéressantes pour la direction et l'équilibre.

Rotations séparées de chaque aile. — Prenons la position correspondant à $\alpha=10°$ de plus haut ; le rapport r/q y est très convenable pour l'aviation. Fixons le support commun et faisons varier d'abord l'aile postérieure, puis l'aile antérieure. La corde proximale de l'aile antérieure fait —8° avec la direction du courant d'air, et la corde de l'aile postérieure +15°.

Dans le tableau suivant les incidences de la corde proximale de l'aile antérieure sont inscrites sous Aa, et celles de la corde proximale de l'aile postérieure sous Ap ; en regard sont la montée et la traînée pour chaque position :

	Ap	*q*	*r*			*Aa*	*q*	*r*
	15°	11	1 5			— 8°	11	1 5
	20°	13	2 5			—13°	7	3
Aa	25°	16	4 5		Ap	—18°	6 5	3 5
—8°	10°	7	1 25		+15°	— 3°	12 5	1 5
	5°	5 5	1			+ 2°	13	0 75
						+ 7°	14	2 5

	q	*r*			*q*	*r*
Aa +2°	7	1		Aa —20°	11	9
Ap +5°				Ap +28°		

Equilibre transversal. — Supposons qu'un coup de vent soulève l'aile droite. De ce côté, je fais Aa = —13°, et du côté opposé Ap = +22° ; cette manœuvre a pour résultat d'augmenter la montée, la traînée restant sensiblement la même des deux

côtés. Cette manœuvre est encore supérieure au gauchissement wrightique, puisque nous laissons la queue tranquille.

Virage. — Il suffit d'augmenter la traînée et de diminuer la montée du côté où on veut aller. L'aile antérieure donne une solution Aa = —13°, par exemple.

Diminuer les déplacements antéro-postérieurs du centre velique. — J'ai attribué la grandeur de ces déplacements au manque de torsion positive.

Pour vérifier cette opinion, je façonne à coups de marteau une tôle de même contour et concavité que l'aile antérieure, mais je lui donne une torsion positive de 35°, si bien que l'ensemble a une torsion positive voisine de 8°. L'équilibre est encore instable au voisinage de $\alpha = 0°$, mais de 10° à 40° le déplacement antéro-postérieur est réduit de plus de moitié. La torsion positive est donc un facteur de premier ordre pour l'équilibre longitudinal ; ces expériences confirment pleinement ce que j'avais déjà signalé pour la Mantis en bois. Mais pourquoi celle-ci est-elle plus stable au voisinage de 0°? Est-ce parce qu'elle est moins large? L'oblong de Mantis est en effet seulement 1/3.2, tandis que notre tétra a 1/1.4. De plus, l'ondulation frontale chez Mantis est plus accusée ; j'ignore encore l'influence propre de ce dernier facteur.

Les exemples suivants montrent l'influence d'autres facteurs sur le tangage.

VII. Mouette en bois

Cette pale a 310 millim. de longueur et 1/3,3 environ d'oblong. L'ondulation frontale est bien accusée, mais la torsion positive proximo-distale est très faible. La montée nulle correspond aux incidences suivantes des cordes de profil :

Proximale	+3°
Carpienne	—5°
Distale	+5°

L'horizon a une surface de 202 cm². J'opère à *longitude* et *latitude* nulles; cela signifie que l'axe proximo-distal est perpendiculaire au courant et horizontal.

α	q	r
0°	0	1 5
10°	11 5	<2
20°	21	6 5
30°	25	12
40°	23 5	16
50°	20	20 5
70°	13	34
90°	2 5	40

A 10° la balance hésite autour de 2 grammes, plutôt au-dessous. La trainée relative est plus grande que dans la Mantis en bois; cette différence provient sans doute de l'épaisseur plus grande de ma Mouette (9 millim. au carpe et 5 millim. au 1/3 externe), et aussi de la pente trop forte du versant antérieur de l'aile; la membrane alaire forme chez l'oiseau un talus moins abrupt et un peu plus large. Mon intention, du reste, était de faire jouer des membranes artificielles variables dans le golfe huméro-radial, pour voir la pente la plus convenable. Cette membrane forme avec les rémiges cubitales les deux plans du dièdre basilaire ou si l'on veut les parois du gouffre axillaire; ce gouffre est d'autant plus profond que l'angle du dièdre est plus faible. *L'arrivée de l'air dans le gouffre est sans doute facilitée par la torsion positive et la convexité distale;* cette convexité fait que les sections verticales normales aux rémiges sont inclinées plus ou moins en dehors. *La ligne d'entrée de l'air est plus grande qu'avec un bord antérieur rectiligne*, perpendiculaire au courant; cet air se dirige du côté de la moindre résistance, c'est-à-dire vers la base, puisque une fois entré par le distum, il se trouve que le bord postérieur ou porte de sortie va en montant du distum au proximum. J'ai depuis longtemps

signalé cette structure et j'ai en outre montré le rôle de l'aile bâtarde, que je dénommais la *vanne mobile* du gouffre axillaire (1).

Dans la Mouette en question, il n'y a pas d'aile bâtarde visible ; j'ai sculpté l'aile bâtarde complètement repliée.

Si on compare les résistances sur le rectangle arqué et sur cette Mouette, on remarque à peu prés les mêmes allures de montée et de traînée. Aux grands angles, les traînées de la Mouette sont relativement plus grandes. Les balances du centre vélique montrent un déplacement aussi grand que dans le rectangle. En somme, cette pale n'est pas à recommander pour aéro, du moins telle que je l'ai façonnée ; cette expérience prouve de même que les mesures de Pigeon et Macreuse, que l'imitation d'une aile animale, ne donne pas nécessairement des résultats merveilleux; çà dépend comment on la tord. La rigidité est aussi une cause d'instabilité.

Pour ramener la stabilité au voisinage de zéro, il suffit de découper d'un trait de scie la région postéro-interne du versant postérieur ; je la remplace par un fil d'acier et une membrane souple, de sorte que le profil proximal est ondulé : la porte de sortie est soulevée et la torsion positive est de 14°.

Le résultat est une absence totale de tangage aux petits angles et un déplacement du centre vélique trois fois moindre que précédemment, lorsqu'on fait tourner la pale de 0° à 90°. Cette expérience confirme donc l'assertion de Turnbull, que le profil ondulé donne plus de stabilité(2); il ne faut pas cependant

(1) Je me garderai bien de dire que ces écrits (Sur la géométrie comparée des élytres, 1901. Sur l'aile bâtarde, *in Bulletin de l'Ac.*, 1910. Sur l'engouffrement axillaire, *in* Essai sur le vol des Insectes, 1883) ont influencé la théorie toute récente du Dr Cousin sur la canalisation centripète. On peut arriver à la vérité par des voies différentes et sans avoir lu ses devanciers ; il semble bien que de bons esprits ne considèrent pas l'isogone comme le nec plus ultra d'une bonne navigation aérienne.

(2) Nieuport a adopté un profil ondulé pour ses sections de profil, mais en sens inverse : la scetion débute par une petite branche convexe vers le bas. C'est le profil B de la région carpienne tel que je l'ai donné dans la fig. 7 de ma deuxième série d'expériences sur zooptères.

l'adopter pour tous les profils comme a fait Turnbull ; ce serait au détriment de la sustentation.

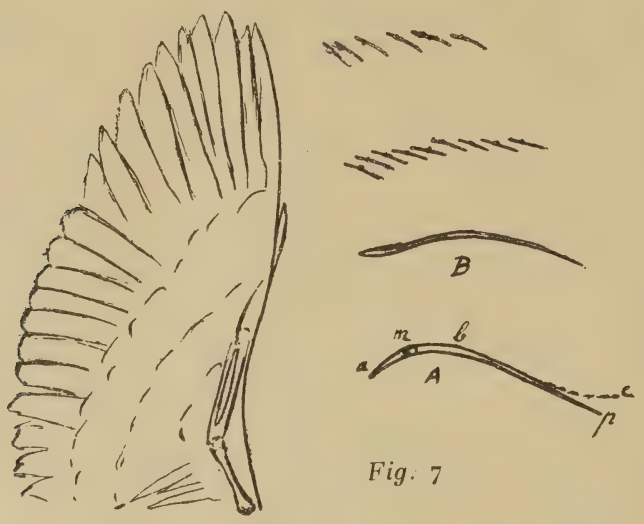


Fig. 7

VIII. Ovoide de Mouette

Après avoir désarticulé les ailes d'une Mouette, je l'ai empaillée, le cou en extension, les pattes ramenées contre le

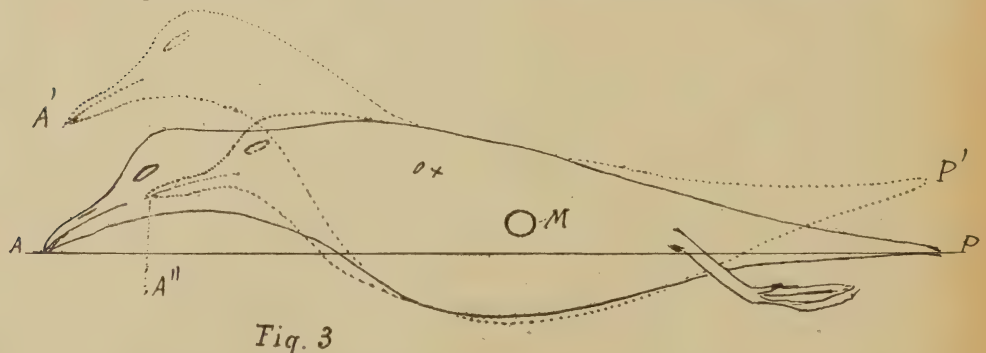


Fig. 3

corps, mais légèrement pendantes, la queue non étalée ; je prends comme ligne de repère la droite AP, qui va de la pointe du bec au bout de la queue (1), en faisant varier l'incidence de cette droite de 0° à 90°, nous avons :

(1) Dans la figure 3 le trait plein représente la Mouette, le cou très allongé, telle que je l'ai placée sur mes balances. Les traits ponctués s'appliquent à

α	q	r
—10°	0	1
0°	1 25	2
10°	4 75	2 25
20°	7	4
20°	10	8
40°	10 5	11
40°	11 5	12 5
60°	10 5	15 5
70°	8	17 5
90°	3	19 5
As 90°		30

Rapport de la traînée au front. — Lorsque la droite, bec-queue, est horizontale, le *front* ou projection frontale du maître-couple est de 37 cm² environ, et le coefficient de traînée unitaire est de 21 gr. si j'adopte v=5 m/s.

A 90° la projection frontale est 170 cm² ; le coefficient de traînée unitaire est de 70 gr. sur la face dorsale, et 45 gr. 5 seulement sur la face ventrale.

A —10° le coefficient de traînée unitaire ne dépasserait guère 10 gr. par rapport au front, mais alors la montée est nulle.

Constance de montée aux grandes incidences. — Dans une bourrasque, vent debout, la Mouette peut donner à son grand axe de fuselage de grandes variations angulaires sans changer la montée ; elle recule sans perdre de hauteur, si toutefois ses ailes présentent les mêmes phénomènes. Les ailes

d'autres positions que je n'ai pas étudiées. Ainsi A'' représente le bout du bec, lorsque la Mouette rentre complètement son cou, ce qui lui arrive parfois dans son vol. On remarquera que la ligne axiale AP est très variable, ainsi que les contours apparents ; ceux-ci sont *stomatoïdes* comme chez les poissons. Le point o désigne la cavité glénoïde ; le cercle M est la section du manche cylindrique que porte la Mouette.

de Macreuse obéissent à la même loi (constance de montée lorsque l'incidence du distum varie de 25° à 60°); j'ai du moins observé ce résultat dans une aile de Macreuse en extension, ayant une forte torsion *négative* de 10° environ ; mais la Mouette peut aussi faire de la torsion négative, si la bourrasque l'exige.

Si le fuselage garde le même angle avec l'horizon et que la direction des remous soit ascendante, le résultat est différent ; le fuselage recule en montant, ainsi qu'il est facile de le reconnaître en se servant du tableau ci-dessus et calculant $q' = (q \cos \delta + r \sin \delta)$; $r' = q \sin \delta + r \cos \delta$, δ étant la variation angulaire par rapport à la position initiale (α), et q' r' les nouvelles composantes, horizontale et verticale par rapport à $\alpha + \delta$.

Variations du centre de poussée. — Je n'ai pas fait une étude complète de ce centre, mais j'ai employé la balance de tangage, c'est-à-dire celle dont l'axe est horizontal, perpendiculaire au courant (1). Les déplacements de cet axe par rapport à l'ovoïde ont été insignifiants ; pour une variation angulaire de 100°, de —10° à 90°, il faut pour avoir l'équilibre un déplacement en projection horizontale d'un peu plus de 3 cm. seulement, ce qui fait 10 % seulement de la longueur totale de l'animal (2).

On ne sera pas surpris de ce résultat qui est d'accord avec tout ce que nous savons de la stabilité de surfaces convexes ; mais j'appellerai l'attention sur le sens des variations : le *centre de poussée se déplace d'avant en arrière quand l'incidence va de* 0° à + 10° *et au-dessus, et d'arrière en avant quand l'incidence diminue.*

Cette propriété est juste l'inverse de celle des surfaces con-

(1) Je l'ai dessinée page 96, *in Bulletin de l'Acad.* 1910.

(2) J'avais donc raison de recommander aux constructeurs d'aéro *une bonne poitrine et du ventre.* Nieuport déjà cité a très bien compris ce principe de géométrie animale ; avec des flancs convexes, et des profils *hétérogones* et *hétérocaves*, son aéro serait encore plus fidèle à la Nature.

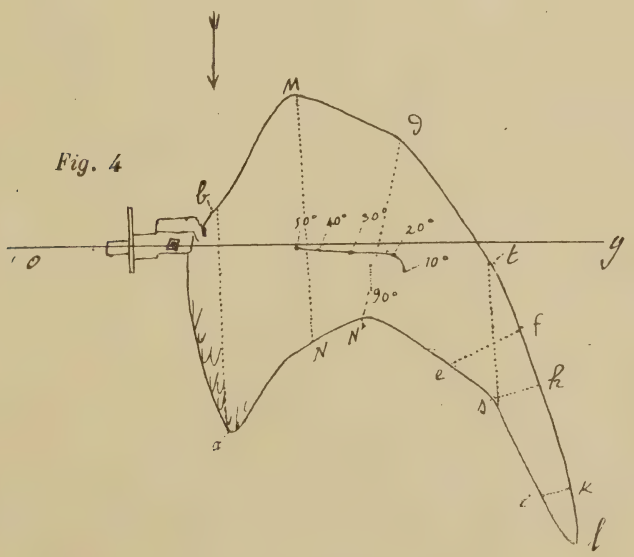
caves; c'est un correctif bienfaisant, qui ajoute son action à celle du distum plat, parfois convexe et en torsion positive. *Si le gouffre axillaire tend à faire culbuter, le fuselage et le distum tendent à faire capoter, ou inversement; finalement l'ensemble reste en équilibre.*

IX. Aile de Mouette repliée

L'aile est repliée, de telle manière que les régimes distales sont empilées l'une au-dessus de l'autre ; la surface en projection horizontale n'est plus que 181 cm² au lieu de 300 cm² en moyenne de l'aile en extension. Je présente la ligne *mn* dans le plan vertical du courant, si bien que le bord antérieur tend vers le distum à devenir tangent à la direction du courant. Le plus grand axe du front est de 21 cm.

La face ventrale présente trois régions bien distinctes par la courbure : le creux cubital, le plateau carpien et la colline

Fig. 4



digitale : l'empilement des nervures forme une surface convexe, limitée en avant par la moitié inférieure du tuyau de plume formant saillie. La face dorsale est formée du mont

cubital et du mont digital, séparés par une dépression, la vallée carpienne.

Lorsque la montée est nulle, les cordes proximales (ab), médiane MN font avec le courant un angle de —10° ; la distale (st) est à 0°. Ces cordes sont parallèles au courant ; mais il est intéressant de connaître les incidences des sections normales au bord antérieur

ef	0°
gh	0°
ik	+20°

ainsi que les incidences des cordes extrêmes

aM —7°
AlM —5° et N'd —5°

Ceci posé, on fait tourner l'aile autour d'un axe (oy) horizontal (1) perpendiculaire au courant, et j'ai les pesées suivantes :

α	q	r
0	0	2
10°	10	1 5
20°	15	3
30°	22	5 5
40°	24 5	13
50°	24	18
60°	20	24
70°	15	30
90°	4	
98°	0	40

(1) Je sectionne d'habitude la tête humérale ; j'enfonce et mastique le corps de l'humérus dans un tuyau en bois, qui s'articule avec une tige horizontale, laquelle est l'axe de rotation en question. Les mouvements de l'humérus sur cette tige ou manche de l'aile font varier la latitude ; d'autre part, le support vertical du manche peut tourner autour d'un axe vertical, ce qui change la longitude. Nous pouvons ainsi donner à l'aile toutes les positions qu'il nous plaît dans l'espace.

Ces chiffres donneraient un excellent coefficient de montée unitaire, et une faible traînée relative ; mais le plus curieux phénomène est la marche du centre de poussée.

Tangage et roulis. — On estime en particulier pour les pales rectangulaires que les variations antéro-postérieures du centre de poussée lorsque l'incidence change sont en raison directe de l'oblong : ici l'oblong est très grand, 6/5 environ, puisque nous avons 210 millim. de front et 248 de profil. Mais ce qui est vrai pour des rectangles isogones ne l'est plus pour des solides de forme plus compliquée, *l'aile de Mouette repliée donne un fort roulis et très peu de tangage sauf au voisinage de* 0°.

De 10° à 50°, le déplacement antéro-postérieur est de 14 mm., c'est-à-dire 5 % seulement de la largeur de l'aile, tandis qu'il est près de 20 % pour les voilures ordinaires d'aéroplane.

De 20° à 50°, le déplacement antéro-postérieur est de 4 millim. seulement ; il est de 10 millim. de 10° à 20°.

En revanche, le déplacement de dehors en dedans est de 60 millim., lorsque l'incidence varie de 10° à 50° ; ce déplacement est centripète : le centre de poussée à 10° est à 118 millim. de l'articulation, plus exactement du plan vertical qui passe par l'articulation, et à 59 millim. du bord antérieur ; il se dirige de là vers l'articulation et à 50° il n'en est plus éloigné que de 58 millimètres.

J'ai placé l'aile, de façon à avoir le moins d'empâtement possible ; on aurait eu évidemment d'autres chiffres, si l'aile était placée différemment ou si on la faisait tourner autour d'un axe différent. J'ai voulu imiter *la position de l'hirondelle ou de la Mouette, lorsqu'elle cargue ses voiles;* je fais en outre passer l'axe dans un même plan que l'axe de l'humérus.

Si l'équilibre n'était pas instable à 0°, on pourrait recommander une telle forme pour piquer une charge dans la bourrasque, ou pour des aéro de très grande vitesse. On pourrait, il

est vrai, corriger le tangage de 0° à 10° au moyen d'une pale horizontale caudale ou céphalique, et négliger le roulis de 0° à 10° qui est très faible. Il faut en outre remarquer que l'ovoïde central a sur le tangage une action inverse de celle de l'aile, et c'est là une correction automatique.

J'ai longtemps retardé la publication de ces notes, espérant les englober dans un travail plus étendu, comprenant des surfaces plus grandes, de formes différentes, montées sur des fuselages spéciaux. J'espérais aussi être soutenu dans l'organisation de ces expériences; livré à mes propres ressources, j'abandonne ce travail à d'autres plus fortunés. On a écrit qu'après les expériences d'Eiffel, tout était dit sur la résistance de l'air ; si remarquables que soient ces expériences, tout n'est pas dit et le chantier est à peine ouvert.

MONTPELLIER. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

DEUXIÈME SÉRIE

(In-8°, en cours de publication depuis 1893)

TOME I^er^ (1893-1894).....	Fr.	15 »	TOME III (1901-1907).....		15 »
Fascicule 1 (1893).....		10 »	Fascicule 1 (1901).....		3 »
— 2 (1893).....		2 »	— 2 (1902).....		3 »
— 3 (1893).....		2 »	— 3 (1903).....		2 »
— 4 (1894).....		1 »	— 4 (1904).....		2 »
			— 5 (1906).....		1 »
TOME II (1894-1900).....		15 »	— 6 (1907).....		2 »
Fascicule 1 (1894).....		2 »	— 7 (1907).....		1 »
— 2 (1895).....		1 »	— 8 (1907).....		1 »
— 3 (1896).....		6 »			
— 4 (1896).....		1 »	TOME IV (*en cours de publication*)		
— 5 (1898).....		3 »			
— 6 (1899).....	Fr.	1 50	Fascicule 1 (1908).....	Fr.	2 »
— 7 (1900).....		2 »	— 2 (1909).....		2 »

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION DES SCIENCES

Année 1847 (in-8°).....	Fr.	2 »	Années 1852-53 (in-8°).....	Fr.	2 »
Année 1848 (in-8°).....		2 »	Années 1853-54 (in-8°).....		2 »
Année 1849 (in-8°).....		2 »	Année 1863 (in-4°).....		2 »
Année 1850 (in-8°).....		2 »	Année 1864 (in-4°).....		2 »
Années 1850-51 (in-8°).....		2 »	Année 1865 (in-4°).....		2 »
Années 1851-52 (in-8°).....		2 »			

Séance publique de l'année 1847 (in-4°)..... Fr. 3 »

Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier, par Junius Castelnau, précédé de la vie de l'auteur et suivi d'une Notice historique sur la Société des Sciences et Belles-Lettres de la même ville, par Eugène Thomas (1858, in-4°)..... 15 »

Catalogue de la Bibliothèque de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, par Émile Bonnet. *Première partie :* Travaux des Sociétés savantes et Établissements scientifiques, Publications officielles, Recueils périodiques (1901, in-8°)..... 5 »

500
M519
Ser.2
v.4:4

ADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

EMPREINTES DE PIEDS DE GRANDS QUADRUPÈDES, DANS LE PERMIEN INFÉRIEUR DE L'HÉRAULT, PAR **M. A. DELAGE.**

SEP 5 1913

2e SÉRIE. — TOME IV

N° 4

MONTPELLIER
IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

1912

Illinois State Natural History Survey
Library
Illinois State Laboratory of Natural History
URBANA

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892.

La collection complète des trois Sections.....	26 vol.	Fr. 530
La collection de la Section de Médecine.....	6 —	105
La collection de la Section des Sciences.....	11 —	250
La collection de la Section des Lettres.....	9 —	180

2e série, in-8°, en cours de publication depuis 1893.

Section de Médecine.....	3 vol.	Fr. 40
Section des Sciences.....	3 vol.	45
Section des Lettres.....	5 vol.	55

SECTION DES SCIENCES

PREMIÈRE SÉRIE

(in-4° 1847-1892)

TOME Ier (1847-1850).....	Fr. 25 »
Fascicule 1 (1847).....	4 »
— 2 (1848).....	10 »
— 3 (1849).....	5 »
— 4 (1850).....	6 »
TOME II (1851-1854).....	25 »
Fascicule 1 (1851).....	5 »
— 2 (1852-53).....	7 50
— 3 (1854).....	*épuisé*
TOME III (1855-1857).....	25 »
Fascicule 1 (1855).....	8 50
— 2 (1856).....	8 50
— 3 (1857).....	8 »
TOME IV (1858-1860).....	23 »
Fascicule 1 (1858).....	6 »
— 2 (1859).....	9 »
— 3 (1860).....	9 »
TOME V (1861-1863).....	Fr. 23 »
ascicule 1 (1861).....	10 »
— 2 (1862).....	8 »
— 3 (1863).....	5 »
OME VI (1864-1866).....	23 »
ascicule 1 (1864).....	*épuisé*
— 2 (1865).....	6 »
— 3 (1866).....	6 »
TOME VII (1867-1870).....	Fr. 23 »
Fascicule 1 (1867).....	6 »
— 2 (1868).....	*épuisé*
— 3 (1869).....	6 »
— 4 (1870).....	4 »
TOME VIII (1872-1875)....	23 »
Fascicule 1 (1872).....	6 »
— 2 (1873).....	6 »
— 3 (1874).....	6 »
— 4 (1875).....	5 »
TOME IX (1876-1879).....	23 »
Fascicule 1 (1876).....	6 50
— 2 (1877-1878)....	7 50
— 3 (1879).....	9 »
TOME X (1880-1884).....	23 »
Fascicule 1 (1880-1881)....	7 50
— 2 (1882).....	7 50
3 (1883-1884)	8 »
TOME XI (1885-1892).....	23 »
Fascicule 1 (1885-1886)	9 »
— 2 (1887-1890)	7 »
— 3 (1890-1892)....	7 »

EMPREINTES DE PIEDS

DE

GRANDS QUADRUPÈDES

Dans le Permien inférieur de l'Hérault

Par M. **A. DELAGE**

Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

La découverte (1) qui va faire l'objet de ce travail ayant quelque importance, puisqu'il s'agit des plus anciens grands Quadrupèdes qu'on ait jusqu'à présent signalés en France, un exposé simple et fidèle des circonstances et conditions dans lesquelles elle a été faite, ne sera pas hors de propos. Il pourra être utile à ceux qui seraient tentés d'en entreprendre une analogue, dans le Permien inférieur de l'Hérault, ou même simplement d'y compléter la mienne, et il montrera en même temps à quoi tient, plus souvent qu'on ne le croit peut-être, une découverte scientifique.

Certaines particularités, observées dans nos Schistes à Walchia avec les traces des grands Quadrupèdes, trouveront aussi tout naturellement leur place dans cette étude et ne paraîtront pas non plus, je le pense, dénuées d'intérêt. Les unes se rapportent à la constitution minéralogique des schistes, les autres aux surfaces de leurs dalles ou feuillets. Ces der-

(1) *Comptes Rendus de l'Ac. des Sc.* — Séance du 3 juin 1912.

nières particularités, curieuses à la fois par leur origine et par leur alternance, jettent quelque lumière sur la météorologie de notre région méridionale pendant la première moitié de l'Epoque permienne.

En ce qui concerne particulièrement les Quadrupèdes nouveaux, une remarque s'impose tout d'abord. Il se peut qu'ils aient vécu en France, pendant l'Epoque permienne, ailleurs que dans notre Midi; il se peut aussi, qu'à la même époque, ils aient vécu ailleurs qu'en France; il se peut enfin qu'ils se confondent avec quelqu'un des animaux dont on a trouvé les restes dans le Permien d'autres pays. Mais, outre que rien de tout cela n'est démontré, ces restes ne sont pas, comme ceux que j'ai découverts, de simples traces, c'est-à-dire, des empreintes de pieds. Les empreintes dont je vais parler sont donc, en tant qu'empreintes, absolument nouvelles et uniques, en ce sens, qu'à ma connaissance du moins, il n'en a encore été signalé de pareilles nulle part, ce qui les rend d'autant plus intéressantes.

J'ai divisé le présent Travail en quatre chapitres, ayant respectivement pour titre : *Historique*, — *Les Schistes à Walchia*, — *Les Empreintes*, — *Description et interprétation des figures*. Pour que le texte en soit accessible à tous, lisible pour tous, je l'ai rédigé sous une forme familière, donnant l'impression d'une conférence, mais d'une conférence où, bien entendu, rien de l'intérêt scientifique du sujet n'a été sacrifié.

HISTORIQUE

Le 4 juin 1903, j'avais conduit mes étudiants à Neffiès pour, de là, leur faire gagner Cabrières et Clermont-l'Hérault et leur montrer, sans pour ainsi dire quitter la route, presque tous les étages de notre belle série primaire, depuis le Silurien le plus inférieur jusqu'au Permien inclusivement et même, en plus, le Trias. A quelque distance en amont de Neffiès, nous

avions quitté ce dernier terrain, sur lequel est bâti le village, et avions rencontré le Permien, c'est-à-dire, d'abord la Ruffe, qui supporte le Trias, puis les Schistes à Walchia, dits Schistes de Lodève, qui supportent la Ruffe. En abordant ces derniers, j'avais groupé ma petite caravane autour de moi et, après lui avoir donné les explications géologiques jugées nécessaires, je l'avais lancée en avant pour qu'elle atteignit à vive allure la base de l'Assise schisteuse, où il serait possible de recueillir quelques débris de végétaux, notamment de Walchia.

Pendant ce temps, je m'acheminais sans hâte et regardais vaguement les dalles permiennes, les sachant très pauvres en fossiles et persuadé qu'elles ne me donneraient rien. Quelle erreur ! Tout à coup, mon regard avait été attiré par quelque chose qui apparaissait à la surface d'une grande dalle et que j'avais aussitôt considéré comme extraordinaire, étant donné le milieu. En m'approchant, en effet, j'avais reconnu une empreinte, laissée par le pied d'un animal assurément de grande taille, et, en redoublant d'attention, j'avais vu une seconde empreinte, à côté de la première, puis, plus rien. En présence de ces objets si inattendus, je ne pouvais pas hésiter sur le choix de la détermination à prendre. Je les avais donc, quoique l'opération fut pénible, enlevés et emportés.

Sans le laisser paraître, toute la journée j'avais songé à mes deux empreintes et il me tardait de pouvoir les replacer sous mes yeux pour les mieux étudier. Le lendemain c'était fait. Mon second examen avait confirmé celui de la veille ; il s'agissait bien de deux empreintes de pieds ; mais tandis que l'une, celle que j'avais vue la première, était ou, du moins, paraissait être complète et en bon état, et consistait exclusivement en quatre gros doigts très nets, sans rien de plus, la seconde, hélas ! était tellement déformée et embrouillée qu'à ce moment-là elle me paraissait illisible. Que pouvais-je tirer de deux pareils documents ? pas grand chose. Aussi avais-je décidé de les placer dans un coin, en attendant l'occasion de retourner à Neffiès.

Par la suite, cette occasion s'était présentée plusieurs fois et j'en avais profité pour tenter de compléter ma découverte, mais toujours mes recherches avaient été vaines. Cependant, si ces échecs successifs avaient affaibli mon espoir, ils ne me l'avaient pas enlevé et j'avais toujours eu le sentiment qu'un jour ou l'autre je serais plus heureux.

J'en étais là, lorsque, sans que je sache au juste pourquoi, aux vacances de Pâques dernières, je fus pris d'un irrésistible désir de tenter un nouvel effort, de retourner au gisement permien, de trouver de nouvelles empreintes ou de me convaincre définitivement qu'il n'y en avait pas et alors de faire, comme on dit, à la question qui me tourmentait depuis si longtemps, un enterrement de première classe.

Prévoyant que, si la chance me favorisait, je ne pourrais que très difficilement, à moi seul, détacher et emporter les objets que j'allais chercher, j'appelai à mon aide mon jeune ami, M. Charles Escot fils, de Cabrières, et lui donnai rendez-vous au lieu dit La Rasclauze, près de Neffiés, en le priant d'apporter un outil sérieux pour attaquer les schistes. Il y vint et m'y précéda même, en compagnie de M. Jean Aussel, étudiant en droit, que je connaissais bien.

Ces messieurs, supposant que j'avais projeté de recueillir des Walchia, avaient, en m'attendant, commencé d'en ramasser quelques débris. Je les mis alors au courant de ce dont il s'agissait, et dès ce moment, les surfaces des dalles furent inspectées très minutieusement. Ces surfaces qui, de loin, paraissent unies, sont en réalité, pour la plupart, couvertes de reliefs multiformes qui s'enchevêtrent en réseaux inextricables et très gênants pour l'observation spéciale à laquelle nous nous livrions. Cependant s'il y avait eu des empreintes de pieds pareilles à celles que je connaissais, nous les aurions vues. Il n'y en avait pas trace et je fus vraiment sur le point de procéder à l'enterrement susdit ; mais je ne voulus le faire

qu'après avoir rendu une dernière visite à ma dalle de 1903, qui m'attirait toujours, qui devait porter encore, j'en avais l'intuition, des traces vagues, indéterminables, sans doute, mais enfin des traces de quelque chose. J'y conduisis donc mes deux compagnons.

Il y avait à peine vingt secondes que nous étions là, lorsque M. Escot, étendant la main vers un point de la dalle, me dit : Voyez donc, est-ce que ce ne serait pas quelque chose comme çà ? Je n'eus pas le temps de lui répondre que c'était effectivement une empreinte, car au même instant, j'en apercevais une demi-douzaine ; il comprit tout au cri de triomphe que je ne pus retenir. J'étais content, mais au fond, j'étais encore plus stupéfait. Comment avais-je pu passer et repasser devant cette dalle, qui m'était si familière, sans y avoir vu ce qui, somme toute, s'y montrait à cette heure assez distinctement ? J'en ai trouvé, je crois, l'explication ; je la donnerai plus loin.

Donc, je tenais de nouvelles empreintes et, à tout prix, il fallait procéder à leur enlèvement. Mais l'heure s'avançait hélas ! et je compris que je ne pourrais les emporter toutes ce jour-là. Je choisis donc les trois qui me parurent les plus belles et, deux heures après, elles étaient définitivement en ma possession.

En outre, comme un bonheur, dit-on, n'arriva jamais seul, pendant que je déplorais tout haut, au cours de l'opération, qu'il n'y eut pas sur la dalle, avec les empreintes de quadrupèdes, quelque débris végétal caractéristique de l'étage, justement l'un de nous y écrasait outrageusement sous ses pieds un rameau de Valchia, le plus grand peut-être qui ait été trouvé dans le gisement de Neffiès. Inutile d'ajouter que le rameau fut enlevé à son tour et alla rejoindre les empreintes dans mon sac.

De retour à Montpellier, je commençai, dès le soir, l'étude des objets recueillis et ce commencement d'étude eut pour conséquence, on comprendra bientôt pourquoi, de me faire

retourner peu après à La Rasclauze, pour y enlever toutes les empreintes qui restaient et pour y faire sur place certaines opérations importantes et diverses, qui s'imposaient. Je ne quittai la place, c'est-à-dire la dalle, désormais historique, au moins pour moi, que lorsque j'eus la conviction qu'elle n'offrait plus rien d'intéressant.

Possédant ainsi tout ce que le gisement contenait ou qu'il pouvait m'apprendre, j'ai depuis lors tâché d'en tirer le meilleur parti. Voici les résultats de mon examen, qui a porté non seulement sur les empreintes, mais aussi sur les schistes et tout particulièrement sur la dalle où les Quadrupèdes les ont laissées.

Mon premier soin a été de restaurer mes échantillons de schiste, de laver, brosser, rajuster et coller leurs morceaux. Une telle toilette, sans doute, est toujours de rigueur en pareil cas et il peut paraître superflu, sinon enfantin, de noter qu'elle a été faite; mais j'ai des raisons majeures pour la rappeler et ces raisons, ce sont les effets révélateurs du nettoyage, ses conséquences inattendues et tout à fait extraordinaires. J'insiste donc sur ce point.

J'ai dit plus haut que, vues en place, les surfaces des schistes paraissent unies et qu'en réalité elles ne le sont pas. J'ajoute qu'elles semblent aussi très nettes, bien décapées et on est d'autant plus porté à les croire propres, qu'elles sont très inclinées, voisines parfois de la verticale, que par conséquent la poussière ne peut que difficilement s'y accrocher et que d'ailleurs elles sont constamment lavées par les pluies, et cela depuis un temps incalculable. La vérité est tout le contraire. Elles sont couvertes d'un enduit très adhérent, fait de poussière et de végétations cryptogamiques, qui masque leur couleur et ternit leur éclat, et une fois qu'elles en sont débarrassées, elles ne sont plus reconnaissables. C'est cet enduit qui est la cause, non pas unique mais principale, du fait que les empreintes ont si longtemps échappé à l'attention, que des

milliers de passants, y compris tous les géologues qui ont visité la région, ont défilé devant la dalle, sans y rien voir. Je me demande même encore parfois à quoi j'ai dû d'y distinguer quelque chose en 1903.

En outre, la visibilité des empreintes est très subordonnée à la direction de la lumière qui les éclaire. Si, après décapage et, à plus forte raison, avant, on les regarde en pleine lumière, on les voit à peine lorsqu'on est prévenu et pas du tout, lorsqu'on ne l'est pas. Si, au contraire, on les regarde à contre-jour et en lumière oblique, presque rasante, elles apparaissent aussitôt et surprennent alors vraiment par leur netteté. Peut-être n'aurais-je pas tort, si j'attribuais tout simplement à une incidence spéciale de la lumière la faveur que m'a faite la dalle, non pas le jour, mais à l'heure du jour où elle m'a livré son secret.

Cependant, les révélations du décapage ne se sont pas arrêtées là. Avant d'enlever les empreintes, je les avais soigneusement comptées et numérotées à la craie sur la dalle, puis j'avais relevé à très peu près leurs positions, en vue de les reporter sur un Tableau, qui permettrait ainsi de se rendre compte de leur répartition naturelle (voir Pl. I). On comprendra fort bien que pour enlever les empreintes, il fallait arracher des parties de la dalle. Je pouvais restreindre l'étendue de ces parties. J'ai eu au contraire l'idée de les arracher aussi grandes que possible et bien m'en a pris. En effet, après le décapage, il s'est trouvé que, sans m'en douter, j'avais emporté sept empreintes de plus que je ne le pensais, et dont une figure parmi les plus belles.

Enfin, avant le décapage, aussi bien en place, à Neffiès, qu'en mon laboratoire, à Montpellier, les empreintes ayant été souvent, dûment, longuement regardées et palpées, j'étais persuadé qu'il s'agissait d'animaux n'ayant à chaque pied que quatre doigts. Or, après décapage, j'ai pu, non sans étonnement, constater et me convaincre que toutes les empreintes,

quel que soit leur état de conservation, proviennent de pieds à cinq doigts.

LES SCHISTES A WALCHIA

Je crois en avoir dit assez pour justifier l'importance que j'ai attachée à ce que j'ai appelé la toilette de mes échantillons. Je passe maintenant à des faits d'un autre ordre et pour l'étude desquels le décapage, sans cesser jamais d'être utile, n'est heureusement pas nécessaire. Ces faits, on s'en rendra compte par la suite, ne sortent pas du cadre du sujet que je traite, mais ils se rapportent tout particulièrement aux Schistes à Walchia, considérés en eux-mêmes.

Je n'étudierai pas toutes les dalles de l'Assise, d'abord parce que je n'ai pas poussé mes observations si loin, ensuite parce que je n'en finirais pas. Je me bornerai à celles qui constituent la zone où se trouve ma dalle aux empreintes. Cette zone à laquelle, pour préciser et pour être plus sûr de son homogénéité, j'attribuerai, par exemple, cinquante centimètres d'épaisseur, est située environ aux trois quarts de la hauteur totale de l'Assise, dont la puissance, que j'ai omis de mesurer exactement, peut, au jugé, être évaluée à 150 mètres; c'est-à-dire, que la dalle aux empreintes est recouverte par une épaisseur de 35 à 40 mètres de schistes, sur lesquels, bien entendu, je l'ai dit en commençant, reposent la Ruffe et le Trias.

Les schistes dans cette zone ou en dehors, par le fait même que ce sont des schistes, sont feuilletés, mais ils le sont à des degrés très différents d'un point à un autre, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal. Tantôt ils constituent de véritables ardoises, tantôt des dalles ayant un, deux, trois centimètres d'épaisseur, tantôt enfin des bancs plus épais. J'entends ici par dalles des feuillets peu adhérents entre eux et pouvant être séparés aisément. Quant aux bancs, ils sont

composés de feuillets en nombre variable mais très adhérents et ne se détachant pas les uns des autres.

Dans la zone à empreintes, la seule qui m'intéresse ici, les schistes sont très durs et très cassants; leur couleur est vaguement le jaune clair ocreux; leur grain très homogène est d'une finesse excessive; dans beaucoup de cas, ces schistes pourraient être utilisés comme pierres à aiguiser les couteaux. J'ai voulu connaître leur composition minéralogique; j'en ai, dans ce but, fait tailler des morceaux en plaques minces que j'ai examinées au microscope et j'ai pu ainsi m'assurer qu'ils sont constitués essentiellement et en proportions presque égales par trois minéraux, le quartz, la séricite et la dolomie, tous réduits à l'état de poussière impalpable et exigeant, pour être distingués et reconnus, un grossissement de 400 diamètres. Ils possèdent en outre du fer limoneux, qui y est aussi très abondant, comme y jouant surtout le rôle de colorant.

D'où viennent ces produits? On ne saurait le préciser d'une façon rigoureuse, mais il est probable, en tout cas possible, qu'ils ont été fournis par les roches sédimentaires antérieures, qui existent dans la région et qui étaient alors émergées. Le quartz et la séricite entrent, en effet, comme minéraux essentiels, dans la composition des schistes carbonifères, des schistes siluriens, etc.; la dolomie est représentée par une assise très puissante dans le Dévonien moyen. Dans les schistes permiens dont je parle, ces éléments détritiques ne sont presque pas roulés; on peut donc les considérer comme des produits continentaux et leur excessive ténuité porterait à croire qu'ils ont été véhiculés à la fois par les vents et par les eaux de pluie ruisselant à la surface des formations qui affleuraient dans le voisinage.

Les surfaces, je devrais plutôt dire les faces supérieures des dalles, dans la zone aux empreintes, tout au moins, présentent, non pas toujours, mais alternativement et sans que les

alternances soient régulières, des reliefs particuliers, très intéressants et dont il faut faire deux parts. Les uns (Pl. II, fig. 1) consistent en ondulations peu saillantes, arrondies, sinueuses, largement festonnées, successives et presque parallèles ou concentriques. Les autres (Pl. II, fig. 2) sont aussi des ondulations, mais sous formes de rides étroites, très rapprochées, innombrables, droites ou serpentueuses, très longues, parallèles, constituant ainsi des dessins réguliers, très apparents et qui ont dû couvrir et couvrent probablement encore des étendues considérables.

Ces reliefs, les premiers comme les seconds, ne sont pas dûs au plissement ultérieur des feuillets schisteux, car quelque minces que soient ceux-ci, même quand leur épaisseur n'est que d'un ou deux millimètres, les reliefs ne marquent jamais au verso. Il ne peut, dès lors, y avoir aucun doute sur leur origine. Les schistes, c'est évident, n'ont pas toujours été ce qu'ils sont aujourd'hui. Ils ont évolué comme toutes choses. Ils résultent du dessèchement et du durcissement d'alluvions sablonneuses épandues et déposées par le grand Lac d'eau douce auquel est due la sédimentation totale de l'Assise à Walchia. Il est possible que la pression formidable ultérieurement subie ait contribué à accentuer et à régulariser leur schistosité, mais, à mon avis, leurs feuillets sont avant tout des dépôts alluvionnaires successifs; ils correspondent presque à autant d'apports de limons, séparés par autant d'arrêts, de durée quelconque, dans l'acte de la sédimentation. En tout cas, cela explique la non homogénéité de l'Assise à Walchia, la différence d'épaisseur de ses strates, bancs, dalles ou feuillets, la variabilité de leur adhérence et de leur couleur.

On comprend fort bien que ces alluvions, ces boues initiales, aient subi alors, surtout sur le pourtour du bassin dont elles constituaient les plages, comme les ont subies depuis et les subissent encore, dans les mêmes conditions, les produits similaires, les actions séparées ou combinées des agents ex-

ternes, de l'eau et de l'air principalement. Ces sables, ces limons, tour à tour immergés et émergés, humides et secs, battus par les vagues et par les vents, ont éprouvé des mouvements intimes et divers ; ils se sont sans cesse et plus ou moins délayés, déplacés, tassés, étirés, moutonnés, ridés, crevassés, jusqu'à ce qu'enfin des circonstances particulièrement favorables les aient soustraits à ces tribulations en les fixant dans une forme et avec des caractères définitifs. Une de ces circonstances favorables a été, pour chaque couche de limon, future dalle de schiste, son recouvrement par une autre couche limoneuse, appelée à devenir dalle à son tour, et ainsi de suite. Le phénomène s'est répété, identique, depuis le commencement jusqu'à la fin du régime lacustre d'où est sortie l'Assise des schistes à Walchia.

On n'est donc pas surpris par les particularités observées à la surface des dalles. Lorsqu'on regarde les reliefs de la première catégorie (Pl. II, fig. 1), on y voit aussitôt les bourrelets qu'ont façonnés autrefois les vagues du grand Lac permien, en déferlant doucement sur ses plages. Lorsqu'on regarde les reliefs de la seconde catégorie (Pl. II, fig. 2) on ne peut pas n'y pas voir les rides produites sur les mêmes plages par le souffle de la brise, tant il y a identité entre ces phénomènes lointains et ceux dont nous pouvons à volonté être les témoins de nos jours.

Tout porte à croire que, pendant la période dont je parle, l'activité, telle qu'on l'entend en géologie, a été réduite au minimum. Rien n'y indique aucune phase de réelle violence. La période, apparemment très longue, s'est donc écoulée dans un calme presque absolu. On doit, sans doute, à cette circonstance le bon état de conservation des fossiles qu'a fournis l'Assise ; mais peut-être lui doit-on aussi la pénurie des mêmes fossiles. La belle et riche Flore du Permien inférieur de l'Hérault, devenue classique, n'existe guère que dans le gise-

ment de Lodève ; partout ailleurs, elle n'est représentée que par de rares ou insignifiants débris. Quant à la Faune du même âge, elle est presque nulle. Pourtant l'animalité, à cette époque, ne devait pas consister dans le midi de la France en quelques Poissons (Palœniscus, Acanthodes), en quelques Lézards (Aphelosaurus) et en ces grands Quadrupèdes dont je viens de découvrir les traces. On a le sentiment qu'elle devait comprendre au contraire des types d'animaux nombreux et variés. Que sont devenus leurs restes ? On ne les rencontre nulle part.

On peut s'en étonner et croire que cela tient à ce que, la sédimentation étant très lente, les cadavres des animaux n'étaient pas assez vite soustraits à l'action de l'air, qu'ils se décomposaient et disparaissaient complétement et que ce n'est que par exception que quelques-uns d'entre eux ont pu être fossilisés, sauvés par conséquent de la destruction totale et parvenir jusqu'à nous.

Ces divers faits qui ressortent de mon étude des Schistes à Walchia n'ont, ni séparément, ni ensemble, la prétention d'être d'un genre nouveau ; ils s'ajoutent simplement à d'autres faits analogues (clapotements de vagues, gouttes de pluie), constatés dans des milieux différents, et par conséquent bien connus. Si je les ai rapportés avec soin et même avec complaisance, c'est pour deux raisons. La première, qui est aussi la principale, c'est qu'ils sont en rapport étroit avec les traces de quadrupèdes, dont je vais m'occuper bientôt et dont, sans leur concours, je n'aurais pu que difficilement expliquer et faire comprendre l'état de conservation actuel. La seconde raison, c'est que ces faits m'ont paru dignes, par eux-mêmes, d'attirer et de retenir l'attention. Ce sont, en effet, des documents qui, pour n'être pas absolument inédits, peuvent passer pour rares et précieux. Certaines dalles de nos schistes constituent de véritables pages de l'histoire d'un temps qui compte

parmi les plus lointains. Et de telles pages méritent qu'on s'attarde devant elles, surtout quand elles se rapportent à des épisodes bien caractérisés et bien définis, quand elles nous démontrent, d'une façon irréfutable, par la perpétuité des mêmes phénomènes journaliers, la merveilleuse unité des moyens qu'emploie la Nature pour accomplir son évolution, quand enfin et par surcroît, elles ont été directement écrites par quelques-uns des grands et éternels modeleurs de l'écorce terrestre.

Au surplus, pourquoi les dédaignerait-on ? Je ne vois pas bien par quels degrés d'importance peuvent différer entre eux les phénomènes géologiques. Tous s'enchaînent, tous concourent et convergent vers le même but, l'Evolution. Qu'il s'agisse d'empreintes animales ou végétales, qu'il s'agisse d'empreintes de vagues ou de vents, ce sont toujours des empreintes, c'est-à-dire des documents d'où l'on tire des enseignements divers mais également précieux ou curieux.

S'il est intéressant, par exemple, de pouvoir dire qu'à tel endroit précis a eu lieu le passage d'un troupeau de grands quadrupèdes, un certain jour de la période permienne, il ne l'est pas moins, à mon avis, de pouvoir presque préciser le temps qu'il faisait ce jour-là.

Or, en l'espèce, c'est ce que l'on pourrait justement faire, avec une précision relative mais voisine de la vérité, en consultant les surfaces des dalles schisteuses et en s'en rapportant à leurs indications. Si, en effet, l'on observe avec soin et tout d'abord la dalle, ou plutôt la partie qui reste de la dalle portant les empreintes de Quadrupèdes, on constate qu'au moment du passage de ces animaux, sa surface devait être plane et lisse, car aucun pied d'aucun des individus du troupeau n'a porté sur un relief quelconque. On peut donc admettre que, ce jour-là, la plage était unie et le temps calme, que ni l'atmosphère, ni le lac voisin n'étaient violemment agités.

Cependant, si ladite dalle, la plage d'alors, était parfaite-

ment unie au moment du passage du troupeau, cela ne dura pas longtemps et on en a la preuve dans ce fait, que la dalle porte un assez grand nombre des bourrelets festonnés que j'ai attribués à l'action des vagues, lesquels bourrelets, on le voit tout de suite, ont affecté les empreintes des pieds des quadrupèdes et les ont, pour la plupart, manifestement déformées. Donc, la production des reliefs festonnés a été postérieure à la production des empreintes, c'est-à-dire qu'entre le jour où les Quadrupèdes ont marché sur la plage et celui où les vagues y ont déferlé, il s'est écoulé un temps, que les deux faits n'ont pas été simultanés et que les deux jours où ils se sont respectivement produits, le temps n'était pas le même.

Si l'on observe ensuite la dalle qui est située au-dessous de la dalle aux empreintes, on voit que la surface de celle-ci est séparée de la surface de celle-là par à peine deux ou trois centimètres d'épaisseur de schiste (autrefois de sable alluvionnaire). On voit aussi que la surface de la dalle sous-jacente est couverte à la fois de rides et de festons, produits du vent et des vagues. Donc, cette dalle inférieure, sous-jacente, a connu au moins un jour de tempête, un jour où le lac et l'atmosphère étaient agités. Or, entre ce jour de tempête et celui du passage des animaux, il s'est écoulé aussi un temps, représenté par la durée de la sédimentation qui a produit la dalle aux empreintes. Donc avant le passage des animaux, il y a eu au moins un jour où le temps n'était pas le même qu'au moment du passage.

En résumé, il y a eu indiscutablement un jour de tempête avant le passage des Quadrupèdes, un jour de calme pendant leur passage et un jour de tempête après leur passage. Sans doute, ces trois jours ou périodes de jours n'ont pas été immédiatement consécutifs, mais on peut dire qu'ils ont été relativement assez rapprochés, surtout les deux derniers, puisqu'aucune sédimentation apparente ne s'est interposée entre eux.

On le voit, à l'époque du Permien inférieur, et cela remonte

loin, tout comme à présent, les jours se suivaient, marqués par des caractères identiques, c'est-à-dire par des phénomènes météoriques absolument comparables à ceux de l'Epoque actuelle.

LES EMPREINTES

Les Empreintes recueillies sont au nombre de 23, je pourrais dire de 25, mais il y en a au moins deux qui sont doubles et produites par le même pied qui a porté deux fois presque à la même place. Peut-être y en a-t-il une ou deux autres dans le même cas ; n'en ayant pas la certitude, je m'en tiens au total de 23.

Avant d'enlever les empreintes, je les avais encadrées dans un rectangle, tracé à la craie sur la dalle et assez grand pour les contenir toutes. J'avais donné à ce rectangle une longueur de 3^m60 et une hauteur de 2^m60. Ensuite j'avais relevé les positions respectives des empreintes. C'est avec ces documents que j'ai établi le Tableau figuré Pl. 1, lequel reproduit à très peu près l'état de choses, au 1/20 de la grandeur naturelle; ce qui fait que le rectangle ABCD du tableau a pour dimensions exactes 18×13 centimètres.

Le côté supérieur BC du rectangle doit être considéré comme représentant le bord même de la dalle aux empreintes, qui est très inclinée et en forme de pupitre. Toute la partie qui la continuait au-dessus de cette ligne manque et a disparu depuis l'époque du soulèvement et de la dislocation de l'Assise à Walchia. Le côté inférieur AD du rectangle doit être tenu pour le bord inférieur de la dalle, parce que cette ligne marque la limite au-dessous de laquelle elle s'enfonce et disparaît dans l'Assise. Quant aux côtés AB et DC, ils ont été tracés arbitrairement, mais la dalle aux empreintes ne s'étend pas loin au-delà, ni d'un côté, ni de l'autre. Au premier abord, on la croirait très développée dans l'un et l'autre sens ; cela

tient à ce qu'elle est très mince et que l'œil la confond avec les feuillets schisteux sous-jacents, qui lui sont parallèles, qui ont la même couleur et qui s'étalent largement à droite et à gauche.

La partie visible de la dalle aux Empreintes, depuis qu'elle a été séparée de ce qui la recouvrait, a été conservée presque intacte dans toute son étendue. Toutefois, plusieurs petits lambeaux lui ont été arrachés, là où elle adhérait plus fortement à la dalle immédiatement recouvrante et ont disparu avec celle-ci. Je note ces arrachements, parce que plusieurs empreintes en ont plus ou moins souffert.

Les Empreintes sont représentées sur le tableau par des points noirs. Ceux de ces points qui sont étoilés désignent les empreintes que j'ai reproduites par la photographie et qui sont figurées ci-après. Les points noirs non étoilés indiquent 9 empreintes parmi lesquelles il y en a 5 qui, malgré leur mauvais état, peuvent être déterminées et orientées mais dont la reproduction n'aurait rien ajouté à l'intérêt de cette Etude, et enfin 4 autres, qui sont si déformées ou effacées, qu'on peut bien dire d'elles que ce sont des empreintes des mêmes animaux, mais rien de plus.

J'ai numéroté les Empreintes de gauche à droite du tableau et suivant leur éloignement du côté AB du rectangle. Aucun autre ordre de numérotage ne s'imposait comme plus utile ou plus intéressant. Celui que j'ai choisi a au moins cet avantage qu'il permet de retrouver aisément et très vite telle ou telle empreinte dont on a besoin de reconnaître la place parmi les autres. Enfin, les lettres D et G désignent les empreintes de pieds droits et les empreintes de pieds gauches.

Les Empreintes n'ont pas été laissées par des animaux ayant stationné et piétiné sur place, mais par des animaux en marche. Elles sont orientées dans le même sens et ce sens est indiqué par la flèche F du tableau. Il y en a bien deux ou trois dont la

direction, indiquée par des flèches plus petites, est oblique a la direction générale, mais il n'y en a pas une seule dans le sens du retour. On peut en conclure que si les animaux ont regagné ultérieurement leur point de départ, il n'ont pas repris le même chemin. L'ensemble des empreintes constitue donc une piste, large d'environ 3 mètres et attestant le passage d'un troupeau, en cet endroit précis et très probablement le même jour. Toutes mes observations confirment cette manière de voir et rien ne la contredit.

Cependant l'examen de cette piste autorise d'autres précisions. Il permet d'affirmer que les animaux en marche allaient vers le Lac voisin, qu'ils y arrivaient et même qu'ils n'en étaient plus qu'à quelques pas, lorsqu'ils ont passé à l'endroit où j'ai découvert leurs traces. Ce voisinage de l'eau, terme du voyage, a fort bien pu provoquer chez eux des hésitations, un ralentissement d'allure, un commencement d'arrêt. De là, ces quelques déviations, ces quelques pas obliques par rapport à la direction générale de la piste. J'ai le sentiment, j'ai même la conviction que si j'avais pu suivre la dalle dans l'Assise où elle pénètre, j'aurais vu la piste se continuer encore un peu telle quelle, puis se transformer tout-à-coup, au bout de quelques mètres peut-être, en piste de piétinement, parce qu'elle aurait abouti à ce qui était alors le bord de l'eau, le bord du lac, là où les animaux, déambulant en tous sens, ont dû laisser une piste très compliquée, indéchiffrable, un fouillis d'empreintes tout à fait comparable à celui, par exemple, qu'ont laissé les Cheirotheriums sur certaines dalles du Trias de Lodève ou d'ailleurs. Ce n'est là qu'une hypothèse, sans doute, puisque je n'ai pu suivre la dalle, mais elle tire une grande force du fait que le lac était tout près, et il l'était puisque, peu de temps après le passage, je pourrais dire la visite des animaux, il est devenu un certain jour houleux et que ses vagues ont déferlé sur la plage, jusque sur les pas des visiteurs. Du moment que les vagues ont atteint et balayé l'endroit où étaient les em-

preintes de pieds, elles ne pouvaient pas évidemment venir de bien loin.

Mais sur quoi repose l'affirmation que les vagues ont déferlé jusque-là ? Tout simplement sur le fait qu'elles ont laissé leurs propres traces sur la dalle et sur les empreintes, et ces traces indiscutables, ce sont de nombreux reliefs ou bourrelets festonnés pareils, identiques à ceux que j'ai déjà décrits plus haut. J'ai relevé ces reliefs avec le plus grand soin et je les ai représentés sur mon Tableau par des lignes sinueuses qui indiquent exactement leurs formes et leurs positions respectives, surtout par rapport aux positions des empreintes animales. Le relevé de ces reliefs s'imposait, d'abord parce qu'ils ont joué un rôle important dans les déformations subies par les empreintes, ensuite parce qu'on en peut tirer quelque enseignement touchant le Lac permien, la configuration de ses bords et le régime auquel il était soumis.

L'idée que l'on peut se faire de l'étendue des Schistes à Walchia ; ce que l'on sait de ces schistes, de leur composition minéralogique, de leur structure, de la multitude innombrable, de la formation successive de leurs dalles ou feuillets, tout cela donne l'impression que le Lac permien était très grand mais que le bassin qu'il occupait était une dépression beaucoup plus vaste que profonde, une sorte de lagune bien plutôt qu'une combe ou qu'une fosse, lagune qui a succédé, non pas directement peut-être, mais enfin qui a succédé à la lagune houillère immédiatement sous-jacente et dont elle occupe en partie l'emplacement, puisque le Permien, à Neffiès, repose sur le Houiller.

Cette idée de lagune est d'ailleurs appuyée par des faits qui me paraissent évidents. Le Lac permien était régi par des périodes de pluie, pendant lesquelles il subissait des crues, grossissait et occupait tout son bassin où il déposait ses limons, matière première des futures dalles schisteuses ; puis par des périodes de sécheresse et d'évaporation pendant lesquelles il

subissait des retraits, diminuait et laissait alors à nu, émergées sur son pourtour, de vastes et basses plages, qui se desséchaient lentement, de l'ancien au nouveau bord de l'eau, près duquel, sur une certaine zone, elles restaient toujours plus ou moins humides. C'est sur ces plages émergées que s'exerçait l'action des vents et des vagues et que marchaient les Quadrupèdes, en y laissant les uns des rides, les autres des bourrelets festonnés, les autres enfin les empreintes de leurs pieds. Le dessèchement et le durcissement de la plage consolidaient et fixaient toutes les empreintes. Puis survenait une nouvelle période de condensation aqueuse. Le lac regrossissait, regagnait ses anciens bords, réemplissait tout son bassin et y redéposait une nouvelle couche de limon, qui recouvrait la précédente et ainsi se trouvaient à l'abri de la destruction les traces des vents, des vagues et des animaux. Ainsi de suite.

Qu'était la ligne des bords du lac ? On l'ignore, mais il est probable qu'elle était sinueuse, qu'elle comprenait des golfes, des anses, des baies à plus ou moins grand rayon. Il est probable aussi que le bord de l'eau, pendant les retraits du lac, sans conserver la configuration exacte du bord du bassin, ressemblait à ce bord et dessinait sur les plages des sinuosités pareilles.

Il est probable également que le Lac, lorsqu'il était agité, ne l'était pas uniformément partout et que, étant donnée son immense étendue, une tempête ou du moins une forte brise pouvait souffler dans une de ses anses et s'y localiser. C'est ce que tendraient à démontrer les saillies festonnées que j'ai observées et dont l'ensemble est certainement l'image fidèle des contours des vagues qui ont déferlé. Un seul coup d'œil jeté sur mon Tableau suffit pour que, sans hésiter, on reconnaisse que les vagues ont une convexité générale commune, qu'elles sont concentriques, qu'elles partent d'un même point et qu'elles sont par conséquent orientées. On reconnaîtra aussi que cette orientation, que cette direction est précisément en

sens inverse de celle de la piste des Quadrupèdes; que les vagues partent du Sud-Est et s'élancent vers le Nord-Ouest, tándis que les animaux viennent du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Ce fait est curieux. Est-il un résultat du hasard ? On peut en douter. Il est plutôt le résultat d'une sorte d'attraction exercée par le milieu particulier qu'était le Lac en un certain point de ses bords, sur les animaux qui vivaient sur le continent voisin. Si ces animaux sont venus tout droit vers ce point c'est qu'apparemment il leur offrait des avantages, puisque, guidés par leur instinct ou par leurs sens, ils l'ont choisi de préférence à tout autre. D'autre part, si le Lac a déferlé doucement de ce point et d'une façon si régulière, c'est qu'il offrait là probablement une configuration spéciale telle, par exemple, qu'une petite baie, plus rapprochée de l'habitat des Quadrupèdes, et où l'eau était peut-être, par sa profondeur ou sa limpidité, plus appropriée aux besoins de ces animaux.

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, on ne peut pas dire qu'elles sont invraisemblables. En tout cas, elles me semblent découler très naturellement des faits qui me les ont fait émettre.

Les Empreintes sont toutes pareilles ; elles ont même forme et même grandeur. Leur largeur prise au niveau des doigts, au nombre de 5, est à très peu près constante et oscille autour de 15 centimètres. Il y en a qui ont 15 cent., d'autres 14 cent. 5, d'autres 15 cent. 5. Ce ne sont là que des différences d'ordre individuel. Exceptionnellement, deux empreintes (peut-être trois, mais la troisième est incomplète et partant douteuse), qui ne sont pas du même individu, ont exactement 11 cent. au lieu de 15. Leur forme étant identique à celle des autres, on peut les attribuer à des animaux plus jeunes.

En somme, les empreintes constituent un ensemble homogène. Elles ne doivent, selon moi, être rapportées qu'à une seule et même espèce de grands Quadrupèdes. Je les groupe

donc sous l'appellation de *Permomegatherium Zeilleri*, qui rappellera leur âge et leur grande taille, en même temps que l'hommage que j'ai voulu rendre à M. Zeiller, membre de l'Institut, en lui en dédiant l'espèce.

Cependant, au premier abord et même après une longue observation, les choses ne paraissent point aussi claires que je viens de les exposer. Si les empreintes avaient conservé leur fraîcheur première, je n'aurais sans doute pas eu tant de peine à les interpréter ; mais, hélas ! elle l'ont perdue plus ou moins et quelques-unes beaucoup. On ne saurait en être surpris. Ce qui étonne, c'est qu'elles soient venues jusqu'à nous. Tant de causes ont concouru à les faire disparaître qu'on se demande comment elles ont résisté à la destruction totale.

Quoi qu'il en soit, elles sont là et avec, comme on dit, un air de famille sur lequel on ne saurait se méprendre ; mais elles sont là 23 seulement ! Or, en les étudiant, j'ai constaté qu'elles présentaient, soient séparément, soit ensemble, des anomalies frappantes mais toutefois plus apparentes que réelles, c'est-à-dire explicables et que voici :

1° Parmi les 23 empreintes, en ne tenant aucun compte des différences d'ordre individuel, dont j'ai parlé, ni de ce que peut laisser entendre ce que j'ai appelé un air de famille, parmi les 23 empreintes, dis-je, il n'y en a pas deux qui soient identiques, qu'elles proviennent de pieds droits ou de pieds gauches, ou de pieds de devant ou de pieds de derrière. Je reconnais que le fait peut paraître surprenant, mais je demande qu'on ne s'y arrête pas pour l'instant, car il est dû à des déformations d'origine spéciale et, lorsque j'aurai fait connaître la cause essentielle, sinon unique de ces déformations, tout s'expliquera.

2° Parmi mes 23 empreintes, il n'y a en a pas quatre, ni trois, ni deux qui puissent être considérées comme provenant des divers pieds d'un même individu. Je m'explique. En

regardant sur le Tableau (Pl. 1) la piste, qui y apparaît très claire, on ne peut pas dire : voilà 4 empreintes représentant les 4 pieds du même animal ; ni voilà 3 empreintes laissées par 3 pieds du même individu, la 4e a disparu ; ni, enfin, voilà 2 empreintes faites par deux pieds quelconques d'un même individu, les 2 autres ont disparu. Je pourrai discuter le cas de chaque empreinte, puisque je l'ai discuté pour mon compte, et montrer qu'après toutes les réflexions et toutes les hypothèses, on est fatalement amené à la nécessité de conclure que chaque empreinte est la trace unique d'un individu et que, puisqu'il y a là 23 empreintes, 23 individus ont passé là.

Pourtant, on ne peut pas admettre que les Permomegatherium n'avaient qu'une patte, ni qu'ils n'en ont posé qu'une sur la piste, encore moins qu'ils marchaient à cloche-pied. Alors ? La vérité est : 1° que mes Permomegatherium avaient bien quatre pieds et qu'ils s'en servaient ; 2° que si leur troupeau ne comprenait que 23 individus, tous les 23 ont passé, ont marché sur la surface d'un peu plus de 9 mètres carrés que délimite mon rectangle ; 3° que par conséquent, ils y ont laissé au moins 23 fois les 4 empreintes de leurs 4 pieds, ce qui fait 92 empreintes ; 4° que s'il n'en reste plus que 23, c'est que 69 ont disparu. Dans tout cela, rien d'extraordinaire, sauf le fait qu'il n'est resté qu'une empreinte d'un pied de chaque individu, fait qu'on ne peut réellement attribuer qu'au hasard. Je sais bien qu'une explication par le hasard est une explication commode, mais en l'espèce je n'en vois absolument pas d'autre à donner.

L'absence des 69 empreintes qui manquent est due presque entièrement à la même cause qui a produit la dissemblance des empreintes qui restent. Pour m'éviter des répétitions, je ne la désignerai qu'un peu plus loin. Mais il a pu y en avoir d'autres et notamment celle-ci : il est possible que le sol de la plage sur lequel les animaux ont marché ne fut pas uniformément humide et surtout uniformément mou ; il est possible

que, même dans l'espace restreint que représente le tronçon de piste délimité par mon rectangle, il y ait eu des parties sèches et assez dures, pour que les pieds qui s'y sont posés n'y aient laissé que des traces très légères et même qu'ils n'y en aient pas laissé du tout. Cela diminuerait d'autant le nombre de celles qui ont réellement été faites et qui par la suite ont réellement disparu.

3° Enfin, parmi les 23 empreintes, et cela vraiment semble incompréhensible, il n'y en a pas qui chevauchent les unes sur les autres. Quiconque pourtant se représente un troupeau en marche ne peut pas ne pas admettre, non seulement comme possible, mais comme fatal, que les individus qui sont en queue piétinent sur les traces laissées par ceux qui sont en tête. Peut-on supposer que les Permomegatherium ont évité, pour un motif ou pour un autre, de fouler les empreintes faites par leurs compagnons? Si encore le troupeau avait marché sur une seule ligne et de front, on comprendrait l'absence des chevauchements, mais il a marché en colonne et presque en file indienne et ses 23 unités ont défilé sur ma piste. Non, les choses se sont passées, sans aucun doute, le plus naturellement du monde; il y a eu sur la piste une quantité de groupes d'empreintes, groupes compliqués parce que produits par la superposition répétée de pieds différents. Le seul fait singulier, on peut dire inouï et même stupéfiant, c'est qu'il n'en soit pas resté un seul exemple.

J'arrive maintenant à la cause non douteuse, certaine même et de beaucoup la principale, à laquelle j'ai déjà attribué les faits plus ou moins extraordinaires que je viens d'énumérer, c'est-à-dire, d'abord la déformation des empreintes, ensuite la destruction de toutes les empreintes, sauf une, laissées sur la piste par chaque individu, enfin la destruction ou si l'on veut l'absence de toutes les empreintes chevauchées ou superposées. Cette cause que je n'ai pas encore désignée expressé-

ment, mais que le lecteur, d'après ce qui précède, a certainement devinée, la voici :

J'ai établi et fait comprendre que les Permomegatherium, venus en droite ligne vers le Lac, étaient tout près de celui-ci lorsqu'ils ont passé à l'endroit où j'ai découvert leurs traces. En ce point, ils marchaient sur une plage constituée par un sable très fin, boueux, alluvionnaire. Le sol était humide et mou, juste assez pour éviter aux animaux le risque de s'enliser et pour recevoir les empreintes, sinon de tous, du moins de la majeure partie de l'ensemble de leurs pieds. Après le départ des animaux le sol avait été séché et fortement durci, au grand avantage des empreintes qui, du coup, étaient consolidées et fixées dans toute leur fraîcheur. Elles se seraient probablement conservées dans cet état, sans les assauts qu'elles durent subir un peu plus tard. Elles étaient encore intactes lorsqu'un jour le lac s'agita ; il lança alors sur la plage des vagues qui allèrent déferler et clapoter jusque sur les empreintes.

C'est au moment où la première vague a couvert la piste qu'a commencé la période de dévastation. Elle n'a pu être bien longue, sans quoi tout aurait été détruit. On voit ce qui est arrivé. Le sable de la plage qui était sec et cohérent a été successivement mouillé, détrempé, ramolli, délayé, puis roulé, amoncelé, étalé et les empreintes, qui n'étaient en somme que des trous dans ce sable, n'ont pas été moins à la merci des caprices des flots; elles ont subi des déformations en tous sens; elles ont été comblées, effacées. Les 23 qui restent offrent d'ailleurs tous les degrés de ces altérations. Quelques-unes heureusement sont encore à peu près intactes ; d'autres, si elles étaient isolées, seraient méconnaissables ; la plupart tiennent le milieu entre ces deux types extrêmes et sont plus ou moins déformées et effacées. Il y en a qui sont comprimées, ratatinées ; il y en a d'allongées, d'étalées ; il y en a qui ont perdu des doigts, ou dont les doigts sont représentés, les uns par des trous profonds, les autres par des dépressions à peine sensibles.

Comme le sens de leur mouvement était diamétralement opposé à celui de la venue des Quadrupèdes, les vagues abordaient les Empreintes par les doigts qu'elles trouvaient tendus vers elle, puis elles clapotaient dessus et, en refluant, elles entraînaient le sable qui ruisselait aux dépens des doigts. Ceux-ci s'allongeaient alors en s'étalant, pour se fondre et disparaître dans le plan de surface de la plage. Le phénomène n'est pas général, mais il est sur quelques empreintes si apparent et si net, qu'il me semble que j'en ai été le témoin.

Je pourrais continuer l'énumération de ces vicissitudes, mais je crois préférable d'en faire voir les résultats au moyen des figures auxquelles je renverrai le lecteur au fur et à mesure que je décrirai les empreintes.

Parmi les autres causes qui ont contribué aux altérations dont je parle, il faut citer les fentes qui se sont produites dans la dalle et que j'ai trouvées, les unes bouchées, les autres béantes. Les premières, je l'expliquerai plus loin (voir page 48), sont contemporaines de la plage sur laquelle ont marché les grands quadrupèdes ; les secondes sont postérieures, mais je ne puis leur assigner de date.

Il faut citer aussi l'arrachement de lambeaux, dont a été victime la dalle, lors de son décollement d'avec celle qui la recouvrait. Cinq empreintes sont incomplètes de par la disparition de ces lambeaux.

Enfin, la pression formidable, exercée par le poids des sédiments qui, par la suite, ont recouvert la dalle, a bien sans doute fait sentir son influence, laquelle a dû se traduire par un phénomène d'aplatissement ; mais, chose singulière, cette influence est vraiment si peu sensible sur les empreintes, qu'on ne parvient pas à la saisir et que je suis obligé de n'en pas tenir compte.

On sait maintenant ce que j'ai cru utile ou intéressant de faire connaître avant d'aborder la description détaillée des

empreintes. Je vais donc pouvoir me livrer à cette description et je commencerai tout naturellement par dire dans quelles conditions ont été faites et ce que représentent réellement les figures dont le concours m'est indispensable et auxquelles je me reporterai constamment.

Lorsque j'ai décidé de reproduire les Empreintes, deux moyens s'offraient à moi, les dessiner ou les photographier. Mes préférences allaient au dessin, auquel j'aurais fait exprimer mieux ce que je voyais et ce que je sentais ; mais justement à cause de celà, j'ai dû l'abandonner, car il m'aurait fait encourir le reproche de ne pas avoir serré d'assez près la vérité, d'avoir lâché la bride à mon imagination, disons le mot, d'avoir donné le coup de pouce. Je me suis donc rabattu sur la photographie. J'ai d'abord opéré seul et n'ai pas obtenu de bons résultats. J'ai alors eu recours à un professionnel de Montpellier, M. Léon Cairol, dont l'habileté et le goût artistique sont fort appréciés. A nous deux, Cairol et moi, nous n'avons pas mieux réussi. Nous avons placé mes objets dans toutes les positions ; nous les avons éclairés à la lumière naturelle, artificielle, normale, oblique, rasante, rien n'y a fait. Les clichés, en tant que clichés, étaient, bien entendu, toujours parfaits, mais les épreuves qu'on en obtenait étaient inutilisables, parce qu'elles ne donnaient que des images inexactes, dont quelques unes même n'étaient que des caricatures de la réalité. Notre insuccès tenait à l'état de creux des empreintes, à la couleur de la dalle schisteuse, etc. Bref, il fallait et j'allais y renoncer, lorsque la lumineuse idée me vint de mouler au plâtre mes empreintes, d'en tirer des contre-empreintes en relief. Je me mis à l'œuvre et, l'opération ayant réussi, j'étais bientôt en possession de superbes et fidèles moulages.

Ces reliefs en plâtre ont présenté de suite deux gros avantages : d'abord, ils se sont montrés beaucoup plus éloquents que les empreintes et m'ont révélé l'existence de plusieurs détails importants que j'étais loin de soupçonner, parce qu'il

est très difficile, sinon impossible, de les voir dans les empreintes en creux ; ensuite, ils se sont laissé photographier sans trop de difficulté. La couleur blanche du plâtre rayonne de la lumière qui atténue les ombres des parties saillantes, de sorte que tout s'harmonise et donne des clichés et des épreuves, comme on n'aurait pas osé en espérer. Qu'il me soit permis de saisir l'occasion, pour dire ici à M. Auradon, chef d'atelier de la maison Cairol, en guise de remerciement pour son intelligente et obligeante collaboration, que nos séances de pose du dimanche matin m'ont laissé un très agréable souvenir.

Donc, mes figures sont des reproductions photographiques, non pas des empreintes mais des contre-empreintes. C'est la même chose, en ce sens que, dans les deux cas, il ne s'agit exactement que de la face inférieure des pieds des Permomegatherium. Toutefois, si les images des contre-empreintes ont l'avantage d'être claires et bien lisibles, elles ont l'inconvénient de transposer les choses, c'est-à-dire que ce qui est à droite sur l'empreinte est à gauche sur la contre-empreinte. Cet inconvénient est mince, mais il n'en oblige pas moins à quelque attention. A chaque instant il m'arrivera de dire de l'image d'une empreinte qu'elle est d'un pied gauche et de l'image d'une autre qu'elle est d'un pied droit. Souvent, si l'on n'y prend garde, on croira, en regardant l'image, que j'ai voulu dire juste le contraire.

Il y a deux moyens de se tirer d'embarras. Le premier consiste à éduquer son œil, à l'habituer à ces transpositions ; ce moyen assure à qui l'emploie la détermination rapide, instantanée, du sens d'une empreinte. Le second consiste à se rappeler que, *sur mes figures*, toute empreinte où le pouce, ou gros doigt, est à droite, est une empreinte de pied droit ; que toute empreinte dont le pouce est à gauche, est une empreinte de pied gauche. Le premier doigt manque quelquefois ; en ce cas, on a recours au 5^{e}, ou petit doigt. C'est alors le con-

traire des indications du pouce. En effet, lorsque le petit doigt est à droite, on a affaire à une empreinte de pied gauche et lorsqu'il est à gauche, il s'agit d'une empreinte de pied droit.

Il arrive que le petit doigt manque en même temps que le gros doigt ; il arrive aussi qu'une empreinte est assez effacée pour qu'on ne puisse pas savoir si ce que l'on croit être le pouce est bien le pouce et si ce que l'on croit être le petit doigt est bien le petit doigt. Dans ce cas, on a recours à un troisième caractère très marqué mais très spécial et que je ne décris pas tout de suite parce qu'il trouvera beaucoup plus naturellement sa place ailleurs ; mais je le rappellerai.

Enfin, lorsque les indications nécessaires font défaut, eh bien ! on se trouve tout simplement, comme je m'y suis trouvé moi-même, dans l'impossibilité d'affirmer que telle ou telle empreinte est d'un pied gauche ou d'un pied droit.

En quoi consistent les doigts ? Comment sont-ils faits et comment sont-ils disposés ? Les doigts sont gros, courts, bien séparés ; leur grandeur va en diminuant du pouce au petit doigt. Ce sont des *doigts de pied*. Ils s'insèrent tous à l'extrémité antérieure du pied, comme les orteils d'un pied humain. En un mot, chaque empreinte est l'empreinte d'un pied et pas du tout celle d'une main.

Les doigts portaient-ils des ongles ? Peut-être. En tout cas, ces ongles n'ont laissé aucune trace sur aucune empreinte. S'ils ont existé, ils pouvaient être rudimentaires, ou bien être insérés au-dessus du bout des doigts, ou bien enfin être rétractiles et relevés pendant la marche. A tous les points de vue, on ne peut faire à leur égard que des hypothèses.

Les doigts, on le sait déjà, étaient au nombre de cinq. Je les ai comptés du pouce au petit doigt et désignés sous les noms de premier doigt, deuxième doigt, etc. Cependant, quand je dis qu'ils étaient cinq, cela ne signifie pas qu'on les trouve toujours tous présents sur toutes les empreintes ; loin de là.

Ils existent, il est vrai, sur la plupart, mais il en manque souvent à l'appel et on sait pourquoi ; on sait qu'ils ont été effacés, après coup, en partie ou totalement. Ce que je veux dire, c'est que, lorsqu'on observe une empreinte, ou bien l'on y voit réellement cinq doigts, ou bien, si l'on y en voit moins, on sent que ceux qui manquent y ont autrefois figuré. En d'autres termes, il n'y a pas une seule empreinte dont on puisse dire qu'elle est celle d'un pied qui n'avait pas cinq doigts. Je le démontrerai en commentant les figures.

Un examen attentif des doigts montre, et ceci est très intéressant, qu'ils ne portaient pas normalement, mais obliquement et en dedans. Les empreintes 2, 12 et 22, par exemple (voir Pl. III et IV), qui sont d'individus différents, sont très claires et très probantes à cet égard. Si j'ajoute à ce fait curieux, celui que, dans presque toutes les empreintes, la plante du pied paraît fort courte et que son extrémité postérieure, celle du talon par conséquent, est indiquée par une ligne à peine sensible et presque droite ; si je fais remarquer que les doigts constituent la partie la plus apparente et en général la plus importante de chaque empreinte ; si j'ajoute enfin que je n'ai observé sur la dalle, parmi les empreintes de pieds, absolument rien qui puisse être rapporté à une autre partie quelconque du corps des animaux, on est porté à se figurer les Permomegatherium, dont on ne sait rien et dont on ne peut rien savoir de la forme et de l'aspect réels, comme des quadrupèdes non rampants, relativement hauts sur pattes, à jambes arquées en dedans et marchant presque exclusivement sur les doigts ou sur la pointe des pieds. On peut aussi se les représenter comme à très peu près, sinon entièrement, adaptés à la vie continentale, car il semble bien que leurs pieds n'ont rien de ceux d'animaux à mœurs aquatiques.

Cette conception des Permomegatherium, qui découle des faits précis que je viens d'énumérer, explique une autre particularité très apparente des empreintes de leurs pieds. Elle

l'implique même. Supposons de tels animaux en marche ; considérons l'un d'eux et observons attentivement un de ses pieds, un pied gauche par exemple. Etant donnée la forme arquée de la jambe, ce pied, en touchant le sol, le touche nécessairement par son bord extérieur, par son petit doigt ; puis, le corps de l'animal progressant, tous les autres doigts portent l'un après l'autre, ce qui fait que, dans leur ensemble, les doigts décrivent un petit arc de cercle. Le moment arrive très vite où le pied porte tout entier, mais alors, à ce moment, l'animal étant de grande taille et, logiquement, de grand poids, le pied qui porte assume, pour la part qui lui incombe, la responsabilité de l'équilibre de l'individu ; de plus, à cause de la forme arquée de la jambe, il tend à converger vers le pied d'à côté, vers le pied droit qui va venir se poser à son tour. Alors, ce pied gauche fait tout son effort de porteur ; ses doigts s'écartent et s'enfoncent dans le sol où ils se cramponnent, se retiennent pour ne pas glisser trop à droite, de sorte qu'à ce moment précis, si on les regarde, ils apparaissent forcément comme rejetés en dehors, c'est-à-dire rejetés à gauche puisqu'il s'agit d'un pied gauche, tandis qu'ils seraient rejetés à droite, s'il s'agissait d'un pied droit. Il est clair que ce qui est arrivé au pied gauche, pris pour exemple, arrive ensuite successivement pour les trois autres pieds, et il n'est vraiment pas difficile de se représenter ce que peuvent bien être les quatre empreintes ainsi laissées par l'animal. Eh bien ! ces empreintes qu'on se représente, par la pensée, très appuyées sur le bord externe, les doigts écartés et rejetés en dehors, sont exactement semblables à celles que j'ai découvertes et la preuve en est fournie par la presque totalité de celles que j'ai figurées.

Le fait que les doigts sont rejetés à droite ou à gauche constitue le troisième caractère dont j'ai conseillé l'emploi tout à l'heure, lorsqu'on veut savoir si une empreinte, dont le premier et le cinquième doigts sont indéterminables, est de pied droit ou de pied gauche.

Le Permomegatherium avait-il ses quatre pieds pareils, ou bien ses pieds de devant étaient-ils distincts de ses pieds de derrière? Je me suis beaucoup occupé de cette question et j'avoue qu'étant donné l'état général des empreintes dont je disposais, elle m'a paru longtemps difficile à résoudre. Cependant, à force de regarder et de comparer, j'ai fini par saisir des caractères sur lesquels on peut baser une conclusion en faveur de l'existence de deux sortes de pieds.

Si l'on place, l'une à côté de l'autre, pour les comparer, les empreintes 2 et 12 (pl. III), la première chose qui frappe, c'est que leurs doigts sont du même type et que ces doigts sont des orteils, autrement dit des doigts de pied, suivant l'expression couramment employée, et même qu'ils ne sont pas loin, toutes proportions gardées quant à la grandeur, d'être comparables à des orteils humains, surtout sur l'empreinte 2.

Si maintenant on place côte à côte les deux empreintes 16 et 23 (pl. VIII), on est tout d'abord frappé par leur altération, puis on hésite à comparer l'une à l'autre. Qu'on veuille bien les examiner quelques instants. On s'apercevra bien vite que l'altération qu'elles ont subie n'est pas exclusivement de même origine pour les deux, que l'empreinte 16 est incomplète par suite du départ d'un morceau de la dalle, qu'elle n'a plus que trois doigts, les deux autres ayant disparu avec le morceau de dalle arraché, enfin que les trois doigts qui restent sont intacts ou presque intacts, qu'ils sont, en tout cas, dans un état de conservation de même valeur que celui des doigts des empreintes 2 et 12 (pl. III). On constatera ensuite que l'empreinte 23 est de celles dont l'altération est due au clapotement des vagues et au ruissellement qui s'en est suivi; qu'elle a encore ses cinq doigts mais qu'il n'en reste plus que deux en bon état, les trois autres étant très déformés et presque méconnaissables.

Ces constatations faites, qu'on veuille bien se prêter au petit exercice suivant : qu'on agrandisse à l'aide d'un objet quelcon-

que placé dessus, un morceau de papier par exemple, la brèche de l'empreinte 16 de manière à y cacher le 3e doigt et à n'y plus laisser paraître, avec ce qui y est déjà, que les 4e et 5e doigts. Cela fait, qu'avec un autre morceau de papier on cache, sur l'empreinte 23, tout ce qu'il faut pour la réduire à ce qu'est devenue l'empreinte 16. Cela est très facile. Alors, on constatera que les deux restes des deux empreintes sont à ce point comparables, qu'on sera tenté de les considérer comme provenant du même pied d'un même individu. Les 4 doigts, pris deux à deux, paraissent vraiment superposables et le reste est à l'avenant. Or, les deux empreintes sont de deux individus différents. Dès lors, la persistance entre elles de caractères semblables, après les vicissitudes que l'on sait, prouve évidemment qu'elles sont d'un même type.

Il ne reste plus qu'à comparer entre eux les deux types de doigts, celui fourni par les empreintes 2 et 12, avec celui fourni par les empreintes 16 et 23. Le résultat de la comparaison me semble être que les deux types sont très sensiblement différents. Dans le premier (empreintes 2 et 12), les doigts ont indiscutablement la forme d'orteils ; dans le second (empreintes 16 et 23), ils ont plutôt la forme de vrais doigts, au sens ordinaire de ce mot. En d'autres termes, ils sont, au moins un peu, entre eux comme le sont chez l'homme les doigts de la main et ceux du pied. Je ne veux pas dire que le Permomegatherium avait des pieds et des mains ; je veux dire qu'il paraît avoir eu des pieds de deux sortes, que ses pieds de devant paraissent avoir eu des doigts qui n'avaient pas la même forme que ceux de ses pieds de derrière et qu'enfin je tiens pour probable que les *pieds à orteils* étaient les pieds de derrière et que les *pieds à doigts* étaient les pieds de devant.

Pour mieux établir, pour faire même éclater tout à fait l'existence des deux formes de doigts et par conséquent pour confirmer les résultats de la comparaison qui précède, j'en vais faire une autre, par laquelle j'aurais pu commencer mais que

j'ai intentionnellement gardée pour la dernière. Qu'on place côte à côte l'empreinte 2 (pl. III) qui est une des meilleures de ma collection et l'empreinte 7 (pl. IX), qui compte aussi parmi les plus complètes. Il suffit, à mon avis, de les regarder ensemble pour que le doute ne soit pas permis. Il y a bien vraiment un type à orteils (empreinte 2) et un type à vrais doigts (empreinte 7).

Si cette classification en deux types de forme était fondée, comme je le crois, toutes les empreintes devraient pouvoir être rapportées à l'un ou à l'autre type. Or justement, malgré leurs déformations, toutes celles que j'ai figurées, et je pourrais dire toutes celles qui sont déterminables, me semblent pouvoir trouver place dans une telle classification.

C'est ce qui va ressortir, je l'espère, de la description, de l'interprétation, du commentaire que je vais donner successivement de chaque figure, c'est-à-dire de chaque empreinte.

Avant tout et pour qu'on éprouve moins de difficulté à me suivre, je demande qu'on veuille bien se rappeler : 1° que chaque figure d'empreinte représente la face inférieure d'un pied ; 2° que chaque figure est la reproduction, non pas d'une des empreintes naturelles en creux, mais celle d'un moulage en plâtre d'une empreinte, c'est-à-dire, d'une contre-empreinte en relief ; 3° enfin, que sur chaque figure les choses sont transposées.

En tenant compte de ces recommandations, on lira ce qui va suivre aussi facilement qu'on a, je l'espère, lu ce qui précède.

Je conserverai aux empreintes leurs numéros de piste, et l'ordre dans lequel je les présenterai sera tout simplement celui qui me paraîtra se prêter le mieux à leur compréhension. Toutefois, je décrirai d'abord les 10 qui sont de pieds de derrière et je finirai par les 4 qui sont de pieds de devant.

DESCRIPTION ET INTERPRÉTATION DES FIGURES

Planche III

Empreinte 2; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. Cinq doigts très nets et en forme d'orteils, courts, gros, très renflés à leur partie antérieure, rejetés en dehors, à droite sur la figure et par conséquent à gauche sur l'empreinte naturelle. Le 4e doigt est anormalement couché sur le 5e. Au-dessous du 1er doigt (pouce, gros orteil) on voit une saillie qui appartient au bord de la plante du pied, laquelle est très réduite, très courte.

La disposition des doigts montre clairement que, pendant la marche, ils s'écartaient et portaient obliquement et en dedans, puisque sur la figure ils sont obliques et en dehors.

On constate sur les quatre premiers doigts, surtout sur le 1er et le 2e et correspondant à leur face inférieure, une sorte de cicatrice semblant indiquer soit une usure, soit plutôt l'amputation d'un morceau de la peau. On retrouve cette particularité sur d'autres empreintes.

En réalité, cette cicatrice n'en est pas une et, au lieu qu'il y ait là quelque chose en moins, il y a au contraire quelque chose en plus. La figure, on le sait, est celle d'un moulage ; par conséquent ce qui est en creux sur le moulage est en relief sur l'empreinte naturelle. La prétendue cicatrice représente donc un relief et ce relief est tout simplement formé par un simple débris de schiste qui est resté collé au fond de l'empreinte particulière de chaque doigt. Je n'aurais pu enlever cet encroûtement qu'en détériorant l'empreinte ; je l'ai donc laissé où il est. Il réapparaîtra sur quelques autres empreintes, mais sa présence peut être, somme toute, considérée comme exceptionnelle ; la plupart du temps, il n'existe pas. On doit ces

encroûtements schisteux à ce que la surface des empreintes offrait à l'adhérence des conditions particulièrement favorables. Cette surface, je l'ai déjà dit, est celle du dessous des pieds et par conséquent de la peau qui les recouvrait, et cette peau, loin d'être lisse, était au contraire couverte de rugosités, de plis vermiculés, rugosités qui se montreront d'ailleurs très nettes, non encroûtées, sur presque toutes les figures. J'insiste, une fois pour toutes, sur ces particularités ; désormais, je me bornerai à les signaler en passant.

Empreinte 12 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. De même type que l'Empreinte 2. Cinq doigts-orteils très nets, courts, gros, renflés à leur partie antérieure, rejetés en dehors, à droite sur la figure, à gauche sur l'empreinte.

Au-dessous du 1er doigt, apparaît en creux une pseudo-cicatrice à surface lisse, qui représente un encroûtement schisteux resté en relief sur l'empreinte. Au-dessous de cet encroûtement schisteux et un peu à gauche, on voit un relief spécial qui est étranger à l'empreinte figurée. Ce relief est tout simplement celui du bout d'un doigt, seul reste d'une autre empreinte, laquelle se trouve ainsi avoir disparu presque totalement. De pareils reliefs existent sur la dalle ; je n'en ai pas tenu compte. D'ailleurs on peut en voir un second, plus petit, sur la figure, au-dessus des doigts 2 et 3. Celui-ci est d'autant plus authentique qu'il représente justement un des bouts de doigts de l'Empreinte 11 (voir le tableau, pl. I), située sur la piste devant l'Empreinte 12, orientée particulièrement comme elle, peu accentuée et due, à n'en pas douter, au même pied qui a porté deux fois, d'abord légèrement sur le bout des doigts, ensuite franchement et à quelques centimètres en arrière.

La saillie observée sur l'Empreinte 2, au-dessous du pouce,

fait défaut ici, où elle a été effacée. La plante du pied est encore très courte, mais un peu moins que sur l'Empreinte 2, et je dois dire que la grandeur qu'elle offre ici ne sera pas dépassée sur les autres empreintes.

On constate sur les trois premiers doigts, surtout sur le 1er et le 2e, les mêmes pseudo-cicatrices dont il a été question à propos de l'Empreinte 2 et ayant la même origine.

Enfin la disposition des doigts montre ici encore clairement que, pendant la marche, ils s'écartaient et portaient obliquement et en dedans, puisque la figure les présente obliques et en dehors.

Planche IV

Empreinte 22 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. De même type que les empreintes 2 et 12. C'est la première empreinte que j'ai découverte en 1903. Quatre doigts-orteils très nets, je veux dire d'égale conservation. Le 5e a disparu. A la place qu'il avait occupée, on voit, en regardant attentivement, un très léger relief, à peine sensible, qui le représente peut-être. On peut expliquer sa disparition de deux manières : ou bien admettre que son empreinte particulière a été comblée, seule sur cinq, par le sable que roulait la vague, ou bien admettre que l'individu auquel il appartenait l'avait perdu par accident ou à la bataille. Les deux explications me paraissent acceptables, mais je suis plutôt partisan de la première.

Les quatre doigts qui restent sont gros et renflés, en forme d'orteils. Ils étaient courts, comme ceux des empreintes 2 et 12, mais, on le voit très bien, la vague a déferlé dessus et, en refluant, les a allongés, effilés, amincis, de sorte que leurs extrémités se sont fondues insensiblement dans le plan de surface de la plage (aujourd'hui dalle).

La plante du pied est encore ici très courte et, en plus, très

vague. Cependant la saillie qu'elle forme en arrière du pouce et qui se continue pour souligner en même temps le 2e doigt et probablement aussi les deux autres, est certainement l'homologue de la saillie correspondante, très marquée, mais moins développée, sur l'Empreinte 2 (pl. III).

Comme sur les empreintes 2 et 12, les doigts ici sont rejetés en dehors et dans le même sens, à droite sur la figure, à gauche sur l'empreinte. Leur disposition les montre portant obliquement et en dedans ; enfin, ils présentent très nettes, sur leur face inférieure, surtout les deux premiers, les pseudo-cicatrices, remarquées sur les deux empreintes précédentes.

Empreinte 10 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de derrière. De même type que les empreintes 2 et 12. Empreinte compliquée et assez difficile à interpréter. Elle est double, c'est-à-dire produite par le même pied du même individu. Ce pied a porté franchement deux fois, presque sur la même ligne et dans la même direction. En réalité, la seconde empreinte est un peu à droite de la première.

Ces deux empreintes superposées ont été altérées ensemble, de la même façon et avec la même intensité. Pour les comprendre, il faut avant tout considérer la première faite, celle qui est en avant et que j'ai, sur la figure, à peu près séparée de la seconde par la ligne x y. Voyons donc l'empreinte antérieure. Elle présente d'abord, trois doigts distincts et assez nets, ce sont les doigts 1, 4 et 5. Le doigt 3 est également marqué par une saillie assez vive qui correspond à son extrémité. Quant au 2e doigt, il apparaît étalé, délayé et presque effacé.

Cependant, il y a un moyen de mieux saisir l'ensemble des cinq doigts, c'est de considérer l'ensemble des cinq ombres semi-circulaires qui auréolent, qui encapuchonnent en quelque sorte leurs extrémités. Ces ombres dégradées représentent les dépressions en cuvette que les doigts ont déterminées

autour d'eux lorsqu'ils ont appuyé sur le sol, consistant quoique humide et plutôt pâteux que mou.

Afin que l'on puisse mieux voir et mieux distinguer ces auréoles, je les ai silhouettées par des courbes pointillées. Dans ces conditions, quelques minutes d'attention suffisent pour que l'on reconnaisse que l'empreinte, dans son ensemble, et en dépit de son altération, ressemble étonnamment à l'Empreinte 2 (pl. III). Etant de pied droit au lieu de pied gauche, elle est disposée inversement, mais ses doigts offrent les mêmes particularités et aussi tranchées ; ils donnent l'impression de doigts courts, gros et renflés ; ils sont fortement rejetés en dehors, à gauche sur la figure et à droite sur l'empreinte, puisque c'est un pied droit et, détail qui n'échappera pas, le 4^{e} doigt est très couché sur le 5^{e}. En somme et malgré tout, la ressemblance est frappante.

Grâce à cette première empreinte, on peut comprendre la seconde, où j'ai indiqué par les mêmes chiffres les mêmes doigts, dont la défiguration a été poussée loin. Il est possible qu'en faisant cette seconde empreinte, le pied ait glissé légèrement de côté, ce qui expliquerait en partie la grandeur anormale de certains doigts. La vague a fait le reste.

On voit très bien sur l'empreinte les rugosités de la peau.

Planche V

Empreinte 9; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de derrière. De même type que les empreintes 2 et 12 (Pl. III). Empreinte très altérée. On y compte encore bien les cinq doigts, mais on ne peut pas se faire une idée exacte de leur forme. Le 1er doigt n'est représenté que par un petit mamelon, à peine sensible, et semble isolé du reste du pied. Les doigts 2, 3 et 4 sont représentés aussi par des mamelons plus ou moins arrondis mais très saillants et correspon-

dant sur l'empreinte à des trous profonds, qui n'ont rien de commun, comme forme, avec des empreintes de doigts. Le 5e doigt n'est guère reconnaissable qu'à la place qu'il occupe. Enfin la plante du pied, toujours très courte, a été refoulée de telle sorte qu'elle ne souligne plus que les quatre derniers doigts.

Cependant, il est manifeste que les mamelons correspondent aux extrémités des doigts et on peut croire que ceux-ci, renflés au bout, gros et courts, étaient des orteils. Il est manifeste aussi que le 4e doigt persiste à se coucher, et même nettement sur le 5e. L'ensemble de l'empreinte rappelle donc le type auquel je l'ai rapportée.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer, tant elles sont apparentes, les rugosités de la peau qui, avec une netteté et une intensité extraordinaire, se montrent sur toute la surface de l'empreinte, sauf sur le 1er doigt, dont l'effacement impliquait naturellement et tout d'abord celui des reliefs vermiculés qui le recouvraient. Le pied ayant porté principalement sur son bord externe, le pouce avait à peine touché; il n'est pas dès lors étonnant que sa trace, plus légère que celles des autres doigts, ait été plus facilement et plus vite effacée.

Empreinte 8 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de derrière. De même type que les empreintes 2 et 12 (Pl. III). Cette empreinte ressemble tellement à l'empreinte 9, qu'on la croirait faite par le même pied du même individu, ce qui, on le sait, n'est pas vrai. La forme générale est la même, les doigts sont respectivement les mêmes, sauf qu'ils sont légèrement moins gros. Le 4e se couche de la même manière sur le 5e. La plante du pied est un peu moins ridée, mais elle l'est de la même façon. Tout ce que j'ai dit de l'empreinte 9 s'applique donc à celle-ci.

Je ferai remarquer que, sur la piste (voir le tableau Pl. I),

les deux empreintes sont à 15 centimètres à peine l'une de l'autre, qu'elles ont la même orientation et qu'elles sont situées sur une ligne qui est absolument parallèle à la direction générale de la piste, indiquée par la flèche F. Il est certain qu'elles ont été déformées en même temps, par les mêmes vagues, dans les mêmes conditions et presque avec la même intensité, ce qui les rend si comparables.

Planche VI

Empreinte 20 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. De même type exactement que les empreintes 9 et 8 (Pl. V) et par conséquent que les empreintes 2 et 12 (Pl. III). Quand on compare cette Empreinte 20 avec, par exemple, l'empreinte 8, il semble qu'on ait sous les yeux les pieds de derrière gauche et droit du même animal. La forme générale est la même ; les dimensions sont les mêmes ; les doigts, considérés un à un, sont dans le même état, surtout le pouce et le petit doigt ; la plante du pied est ridée de la même façon par les rugosités de la peau.

Les différences qu'on peut saisir entre les deux empreintes sont les suivantes : d'abord, l'Empreinte 20 a été victime de multiples cassures de la dalle ; ensuite, elle a beaucoup plus souffert de l'action destructive des vagues. On peut constater, soit sur la figure, soit sur la piste (voir le tableau, pl. I), qu'elle s'appuie à une saillie de la dalle, saillie qui la refoule, surtout au niveau du petit doigt, et qui la soulève presque. Il est évident que la vague l'a clapotée ferme, qu'elle a énergiquement balayé sa surface, à laquelle elle a donné cet aspect lavé qu'on lui voit, qu'elle a fini même par la déformer au point de faire prendre aux doigts une direction contraire à celle qu'ils devraient avoir. En effet, puisqu'il s'agit d'un pied gauche, les doigts devraient être rejetés en dehors, à droite sur

la figure et à gauche sur l'empreinte, tandis qu'ils sont justement, au moins le 2e et le 3e, dans une position inverse. Le fait est très frappant, d'autant plus qu'il constitue la seule exception à la règle.

Empreinte 3 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. Cette empreinte est la plus profonde, la plus accentuée de toutes. Elle est aussi une des plus singulièrement altérées. Elle semble s'être ramassée sur elle-même et avoir ainsi exagéré son relief. En réalité, elle a été, comme les autres, défigurée par les mêmes agents et sa forme bizarre actuelle n'est qu'une variété parmi les variétés de déformation.

Elle n'a plus que quatre doigts, le pouce ayant depuis longtemps disparu avec un morceau de la dalle. Les quatre doigts qui restent sont fort endommagés et, au premier abord, on hésite à se prononcer sur le type de forme auquel il faut les rapporter. Mais l'hésitation ne dure pas longtemps. Avec un peu d'attention, on s'aperçoit, en effet, qu'ils sont courts, gros, renflés à leur extrémité, en un mot, que ce sont de vrais orteils, le 2e et le 3e surtout. Il s'agit donc nettement d'un pied de derrière.

Le 5e doigt étonne par sa forme de grosse protubérance qui n'a vraiment plus rien d'un doigt, même d'un orteil, mais ce 5e doigt existe tout aussi méconnaissable, en tant que doigt, sur d'autres empreintes, par exemple, les empreintes 9, 8, 20 et 19 (Pl. V et Pl. VII).

On voit fort bien que les doigts sont rejetés en dehors, à droite sur la figure, à gauche sur l'empreinte, puisqu'il s'agit d'un pied gauche. On voit aussi la tendance du 4e doigt à se coucher sur le 5e. Enfin, le pied a tout particulièrement porté sur son bord externe ; aussi l'empreinte reproduit-elle remarquablement, de ce côté, toutes les rides de la peau.

Planche VII

Empreinte 19 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de derrière. Empreinte laissée par un individu plus petit que les autres, parce que sans doute plus jeune. Elle a, en réalité, 11 centim. de largeur au lieu de 15. Elle est tout à fait du type des empreintes 8, 9 et 20 (Pl. V et Pl. VI), mais on la compare plus facilement avec cette dernière, parce qu'elle est comme elle d'un pied gauche et parce que leurs deux états d'altération donnent deux figures presque identiques, en faisant abstraction, cela n'a pas d'importance, de la forme on peut dire nécessairement variable des bouts des doigts.

Toutefois, il y a entre les deux figures une différence qui frappe. Sur l'empreinte 20 (Pl. VI), on voit 5 doigts, tandis que sur l'empreinte 19 on n'en voit que 4. Eh bien ! ce n'est là qu'une apparence ; en ne voyant que 4 doigts sur l'empreinte 19, on est victime d'une illusion, qui tient à ce que le 4e et le 5e ont l'air de n'en faire qu'un. Au fond, ces deux doigts sont distincts, et sur l'empreinte naturelle en creux, et sur la contre-empreinte en relief, et même sur la figure, si l'on y regarde bien. Pour aider à les distinguer, j'ai marqué par un trait pointillé les contours des deux mamelons qui les représentent.

Ici encore, le pied ayant fortement porté sur son bord externe, les rugosités de la peau se sont conservées nettement sur un certain espace pour disparaître insensiblement sur le reste de l'empreinte. Leur effacement apparaît gradué comme celui des doigts.

Empreinte 18 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de derrière. Empreinte laissée par un individu qui n'est pas le même que celui qui a laissé l'empreinte 19

mais qui lui ressemble étrangement. Les deux empreintes, et par conséquent les deux figures, sont en effet de même grandeur, de même type de forme, de même facies. Toutefois, outre qu'elles sont l'une de pied gauche et l'autre de pied droit, l'empreinte 19 a 5 doigts, tandis que l'empreinte 18 n'en a plus que 4, et c'est le 5e, le petit doigt, qui a disparu, ne laissant, à la place où je l'ai marqué du chiffre 5, qu'un relief à très peu près insensible et qu'on devine seulement.

Les rugosités de la peau n'apparaissent que sur les bouts des doigts 2, 3 et 4.

Planche VIII

Empreinte 16; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de devant. Cinq doigts, dont le 1er et le 2e ont disparu depuis longtemps avec un morceau de la dalle, mais non sans laisser quelque peu d'eux-mêmes, leurs bases. Des trois autres, le 4e et le 5e, sans être parfaits, sont bons ; le 3e l'est moins, mais assez cependant pour qu'on puisse se faire une idée de sa forme.

La plante du pied, toujours très courte, ne varie pas sensiblement de grandeur.

Les trois doigts qui restent ne sont pas très longs, mais ils sont plutôt longs que courts ; ils sont réguliers, cylindriques, pas du tout renflés à l'extrémité ; en d'autres termes, ils ne soutiennent pas la comparaison avec ceux que j'ai jusqu'à présent décrits et qui sont des orteils, tandis qu'ils sont, eux, véritablement des doigts.

C'est en étudiant cette empreinte que j'ai soupçonné pour la première fois l'existence de deux formes de doigts chez le Permomegatherium, une pour les pieds de derrière et une pour les pieds de devant.

On remarquera que le 3e doigt a subi à son extrémité une altération assez sérieuse et qui a été produite par le ruisselle-

ment qu'ont provoqué les vagues, en refluant, après avoir déferlé sur l'empreinte. On peut supposer que les deux doigts qui manquent avaient été altérés de la même façon. Les trois doigts conservés montrent les rugosités de la peau.

Empreinte 23 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de devant. Cette empreinte, quoiqu'en assez piteux état, offre une telle ressemblance avec l'Empreinte 16, qu'on est tenté de les tenir toutes les deux pour celles du même pied d'un même individu, ce qui, on le sait, n'est pas exact. Pour faire mieux éclater cette ressemblance, qui devient alors presque de l'identité, j'ai imaginé le moyen qu'on a trouvé exposé page 34. Ici encore, il y a indubitablement 5 doigts, dont deux, le 4e et le 5e, bien conservés, les autres très altérés, mais dont les traces sont très apparentes.

Il n'y a pas à discuter sur l'origine de l'altération subie par ces trois doigts ; elle est, sans aucun doute possible, dans le ruissellement dont j'ai déjà maintes fois parlé.

Pas plus que sur l'empreinte 16, rien ne rappelle ici des orteils, mais bien plutôt des vrais doigts, et ce que j'ai déjà dit des doigts de l'Empreinte 16 s'applique exactement aux doigts de l'Empreinte 23.

Cette empreinte est la seconde que j'ai trouvée en 1903. Si on la place à côté de l'Empreinte 22 (Pl. IV), on pourra se rendre compte et de l'embarras où je me suis trouvé, tant que je n'ai possédé que ces deux empreintes, et de l'ardent désir que j'ai eu d'en trouver d'autres.

Planche IX

Empreinte 6 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied gauche de devant. Une des empreintes qui semblent faites pour rebuter les plus patients et les plus persévérants ;

c'est du moins l'effet qu'elle m'a produit au début. Mais en la comparant avec les empreintes 16 et 23 (Pl. VIII), on peut la déchiffrer assez aisément. Elle n'est d'ailleurs pas une des plus défectueuses. Je l'ai reproduite surtout comme type d'altération indiquant la limite au-delà de laquelle il n'y a plus guère de détermination possible.

On ne sera pas surpris si je fais remarquer que cette empreinte a été fortement victime du clapotement et du ruissellement. Les vagues l'ont entourée de tous côtés et lui ont fait subir toutes sortes de déformations et un effacement partiel.

Elle a cinq doigts. Le 1er doigt ou pouce est le plus endommagé ; on le devine, plutôt qu'on ne le voit, à la place qu'il occupait et où il n'est plus représenté que par son extrême base, sous la forme d'un froncement prenant naissance sur le bord d'un gros bourrelet de clapotement Entre la limite extérieure de ce froncement et celle opposée du 5^{e} doigt, il y a juste 15 centimètres, c'est-à-dire, la largeur moyenne des empreintes.

Le 2^{e} doigt est mieux conservé qu'on ne pourrait le croire à première vue. Si, en effet, on le regarde attentivement, on aperçoit plus de sa moitié antérieure sous la forme du bout d'un vrai doigt bien régulier, cylindrique et non renflé, n'ayant absolument rien d'un orteil. Le relief très apparent et oblique, qui le continue par en bas, lui est étranger ; c'est une saillie produite par la vague sur la surface de la dalle.

Le 3^{e} doigt est plus difficile à saisir, mais on en voit tout de même l'extrémité, pareille à celle du 2^{e} doigt. Lui aussi est prolongé en bas par une saillie oblique de la dalle.

Le 4^{e} doigt n'est pas douteux, mais, refoulé sur lui-même par le clapotement et son empreinte particulière ayant été comblée par le sable, il apparaît comme tronqué.

Enfin, le 5^{e} doigt, un peu refoulé aussi, n'a pas été trop déformé.

Empreinte 7 ; fig. de sa contre-empreinte

Pied droit de devant. Malgré ses déformations, cette empreinte est bonne et surtout précieuse, parce qu'elle réunit, qu'elle synthétise en quelque sorte, en le confirmant, tout ce que j'ai dit des pieds de devant. Elle a conservé ses cinq doigts. Pas un n'a les caractères d'un orteil ; tous au contraire, comme de vrais doigts, sont réguliers, cylindriques, non renflés à l'extrémité. Ce que l'on voit entre les 2e et 3e et entre les 3e et 4e n'est autre chose que de la gangue schisteuse que je n'ai pas enlevée pour ne pas détériorer l'empreinte.

La plante du pied est la partie qui a le plus souffert du clapotement des vagues ; elle a été allongée démesurément et sa limite postérieure naturelle a disparu. Je crois pourtant qu'on peut encore voir celle-ci dans le très léger relief qui, sur la figure, est indiqué par une ombre transversale partant du dessous du 5e doigt, s'infléchissant ensuite et venant enfin aboutir, sous le pouce, à la saillie très marquée qu'on y voit.

L'empreinte est incomplète à droite par suite du départ d'un morceau de dalle, qui a emporté avec lui une partie du pouce.

L'empreinte a été coupée en deux par une crevasse dont les lèvres se sont écartées de plus d'un centimètre. Cette crevasse, considérée en elle-même, offre un certain intérêt. Elle est évidemment postérieure aux phénomènes d'altération de l'empreinte, puisqu'elle a affecté les parties altérées ; mais elle doit être antérieure au recouvrement de la dalle, qui était alors plage limoneuse, par une nouvelle couche de limon. Quand, en effet, ce nouveau limon est venu, il a dû trouver la crevasse béante puisqu'il l'a remplie et bouchée. Par la suite, tous ces limons se sont consolidés et feuilletés, sont devenus schistes. Or, j'ai constaté que le schiste de remplissage, qui bouche la fente, a son plan de schistosité perpendiculaire à celui de la dalle. On dirait que, sous l'influence d'une forte

pression latérale, s'exerçant dans le plan de la dalle et tendant à fermer la fente, le limon de remplissage, comprimé entre les parois de la fente comme entre les mâchoires d'un étau, s'est alors feuilleté. Ainsi s'expliquerait la position perpendiculaire des deux plans de schistosité, et on pourrait considérer la crevasse comme une crevasse de retrait, produite à la surface de l'ancienne plage sous l'influence de la sécheresse, tout comme il s'en produit aujourd'hui dans des conditions analogues.

On voit reparaître ici, sur plusieurs doigts, les mêmes encroûtements schisteux que j'ai fait remarquer sur d'autres empreintes, notamment sur les empreintes 2 et 12 (Pl. III).

MONTPELLIER. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

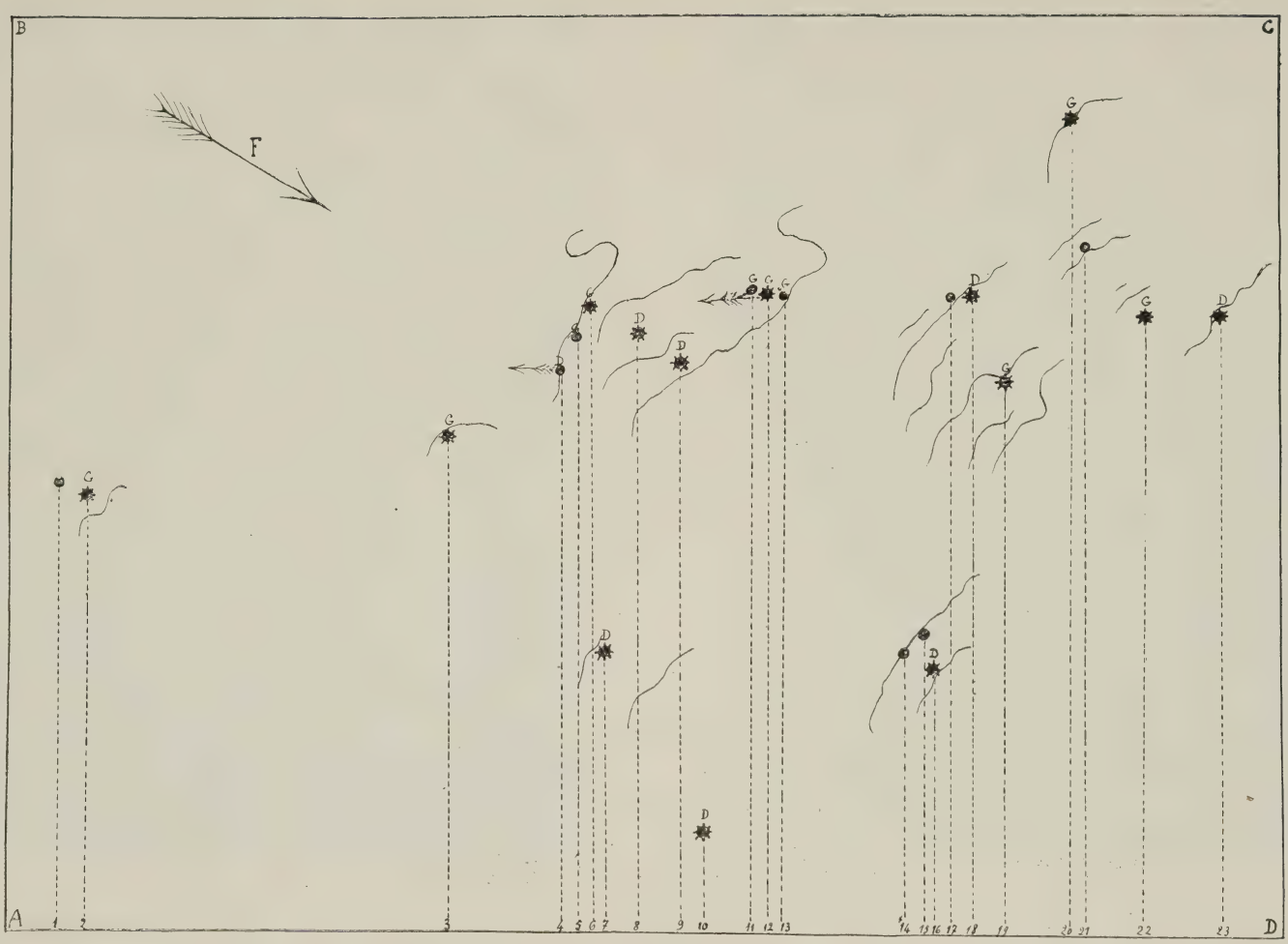


Tableau de répartition des empreintes

Fig 1
(1/6 grandeur naturelle)

Fig. 2
(1/2 grandeur naturelle)

Photo Cairol

Empreinte 2
(Largeur naturelle : 15 %m 5)

Empreinte 12
(Largeur naturelle : 15 %m)

Photo Cairol

Empreinte 22
(Largeur naturelle : 14 ‰ 5)

Empreinte 10
(Largeur naturelle : 15 ‰ 5)

Photo Cairol

EMPREINTE 9
(Largeur naturelle : 15 $\frac{5}{m}$)

EMPREINTE 8
(Largeur naturelle : 15 $\frac{5}{m}$)

Photo Cairol

Empreinte 20
(Largeur naturelle : 15 %m)

Empreinte 3
(Largeur naturelle : 13 %m)

Photo Cairol

Empreinte 19
(Largeur naturelle : 11 %)

Empreinte 18
(Largeur naturelle : 11 %)

Photo Cairol

Fmpreinte 16
(Largeur naturelle : 15 %m)

Empreinte 23
(Largeur naturelle 14 % 5)

Photo Cairo

Empreinte 6
(Largeur naturelle : 15 $\frac{5}{m}$)

Empreinte 7
(Largeur naturelle : 15 $\frac{5}{m}$)

Photo Cairol

DEUXIÈME SÉRIE

(In-8°, en cours de publication depuis 1893)

TOME I^er^ (1893-1894)..... Fr. 15 »

Fascicule 1 (1893)..... 10 »
— 2 (1893)..... 2 »
— 3 (1893)..... 2 »
— 4 (1894)..... 1 »

TOME II (1894-1900)..... 15 »

Fascicule 1 (1894)..... 2 »
— 2 (1895)..... 1 »
— 3 (1896)..... 6 »
— 4 (1896)..... 1 »
— 5 (1898)..... 3 »
— 6 (1899)..... Fr. 1 50
— 7 (1900)..... 2 »

TOME III (1901-1907)..... 15 »

Fascicule 1 (1901)..... 3 »
— 2 (1902)..... 3 »
— 3 (1903)..... 2 »
— 4 (1904)..... 2 »
— 5 (1906)..... 1 »
— 6 (1907)..... 2 »
— 7 (1907)..... 1 »
— 8 (1907)..... 1 »

TOME IV (*en cours de publication*)

Fascicule 1 (1908)..... Fr. 2 »
— 2 (1909)..... 2 »
— 3 (1911)..... 3 »
— 4 (1912)..... 2 »

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION DES SCIENCES

Année 1847 (in-8°)..... Fr. 2 »
Année 1848 (in-8°)..... 2 »
Année 1849 (in-8°)..... 2 »
Année 1850 (in-8°)..... 2 »
Années 1850-51 (in-8°)..... 2 »
Années 1851-52 (in-8°)..... 2 »

Années 1852-53 (in-8°)..... Fr. 2 »
Années 1853-54 (in-8°)..... 2 »
Année 1863 (in-4°)..... 2 »
Année 1864 (in-4°)..... 2 »
Année 1865 (in-4°)..... 2 »

Séance publique de l'année 1847 (in-4°)..... Fr. 3 »

Mémoire historique et biographique sur l'ancienne Société royale des Sciences de Montpellier, par Junius Castelnau, précédé de la vie de l'auteur et suivi d'une Notice historique sur la Société des Sciences et Belles-Lettres de la même ville, par Eugène Thomas (1858, in-4°)..... 15 »

Catalogue de la Bibliothèque de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, par Émile Bonnet. *Première partie :* Travaux des Sociétés savantes et Établissements scientifiques, Publications officielles, Recueils périodiques (1901, in-8°)..... 5 »